

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Desenvolvimento de uma ferramenta para a
comparação da regulamentação energética de edifícios
de serviços: RSECE (Dec-Lei 79/2006) e
RECS (Dec-Lei 118/2013)

Ana Catarina Coelho Balbino

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

2014

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Desenvolvimento de uma ferramenta para a
comparação da regulamentação energética de edifícios
de serviços: RSECE (Dec-Lei 79/2006) e
RECS (Dec-Lei 118/2013)

Ana Catarina Coelho Balbino

Dissertação

Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Trabalho realizado sob a supervisão de

Doutora Marta João Nunes Oliveira Panão (FCUL)

Mestre Pedro Filipe Moreira Dias (MANVIA)

2014

Agradecimentos

A presente dissertação marca o final de um percurso académico cheio de felicidade, aprendizagem e crescimento pessoal, pelo que não poderia deixar de demonstrar a minha gratidão a todos os que nele intervieram.

Em primeiro lugar agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Marta Panão, por toda a dedicação, disponibilidade, apoio e compreensão que demonstrou.

Do mesmo modo que agradeço profundamente ao meu coorientador, Mestre Pedro Dias, pela oportunidade de estágio, pela dedicação incondicional, pelo conhecimento transmitido e pela paciência demonstrada ao longo de nove meses.

De seguida, agradeço à Catarina Gonçalves, ao João Matos, ao Paulo Simão, ao Nuno Ferreira e ao André Valente pela amizade e pelo carinho que enriqueceram ainda mais minha experiência na Manvia.

Ao meu primo Roberto Bento por toda a amizade, carinho e apoio incondicional, que mesmo longe não deixa de estar perto.

À Karla Klages pela amizade e pelo carinho que tantas vezes melhoraram os meus piores dias.

A todos os amigos que trilharam comigo o percurso académico, o meu profundo obrigada pelos ensinamentos, pelos momentos de alegria e companheirismo, pela amizade incrível e pelo crescimento pessoal que me proporcionaram, a todos eles expresso a minha enorme gratidão.

Aos amigos com quem cresci, o meu profundo obrigada pelo apoio, pela amizade e pela presença incondicional nos momentos mais complicados.

Por último, agradeço aos meus pais sem dúvida alguma os meus melhores amigos, aos quais nunca poderei expressar a tamanha gratidão que sinto pelo amor, pelo carinho e pelo apoio incondicional demonstrado em todas as minhas decisões.

Abstract

With the objective of achieving the proposed goals for 2020, the European Union has been publishing policies under the building energy performance, which sector has great potential for reducing energy consumption through energy efficiency measures.

Portugal, as a Member State, transposed the Directive 2010/31/EU into the national legislation, by elaborating the DL 118/2013 which includes, among others, the Regulation for Energy Performance of Commerce and Services Buildings (RECS), which succeeded the DL 79/2006 Building Regulation of Heating Ventilation and Air Conditioning Energy Systems (RSECE) resulting from the Directive 2002/91/EU.

Therefore, this thesis compares the current regulation (RECS) with the revoked (RSECE), in order to understand the changes resulting from this update. The comparison was carried out by applying both to a case study, and there have been a significant discrepancy in terms of energy efficiency performance, the building obtained class A according to RSECE and class B- according to the RECS.

This difference is explained by the calculation method defined in each regulation. Therefore, according to RSECE the energy efficiency performance was assigned depending on the energy efficiency indicator in nominal conditions of use, $IEE_{nominal}$, compared with a reference value, IEE_{ref} , tabulated by type of building. On RECS this is obtained comparing the energy efficiency indicator in real conditions of use, IEE_{real} in which the renewable sources of energy are accounted through the IEE_{ren} , with a reference indicator, IEE_{ref} , obtained by dynamic simulation.

In order to increase the energy efficiency performance of the building, improvement measures were designed, which have not had the expected success, since the energy efficiency performance obtained using these measures resulted in a B energy efficiency performance.

Keywords: energy efficiency indicator, Building Regulation of Heating Ventilation and Air Conditioning Energy Systems, Regulation for Energy Performance of Commerce and Services Buildings, dynamic Simulation

Resumo

Com o objetivo de atingir as metas propostas para 2020, a União Europeia tem vindo a publicar Diretivas no âmbito do desempenho energético de edifícios, cujo sector apresenta um grande potencial de redução no uso da energia, através de medidas de eficiência energética.

Como Estado-Membro, Portugal transpôs a Diretiva 2010/31/EU para a legislação nacional através do DL 118/2013 que inclui, entre outros, o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), o qual sucedeu ao DL 79/2006 Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) consequente da Diretiva 2002/91/EU.

Como tal, a presente dissertação compara a regulamentação atual (RECS) com a revogada (RSECE), com o intuito de compreender as alterações resultantes desta atualização. A comparação foi realizada através da sua aplicação a um caso de estudo, tendo-se verificado uma discrepância significativa ao nível da classificação energética, tendo o edifício obtido a classe A segundo o RSECE e Classe B-, segundo o RECS.

Esta diferença é justificada pelo método de apuramento dos índices de cada regulamentação. A classe energética atribuída segundo o RSECE depende do indicador de eficiência energética em condições nominais de utilização, $IEE_{nominal}$, quando comparado com um valor de referência, IEE_{ref} , tabelado por tipologia de edifício. No RECS essa é obtida por comparação entre o indicador de eficiência energética em condições reais de utilização, IEE_{real} em que se contabilizam as fontes de energia renovável através de IEE_{ren} , com um indicador de referência, IEE_{ref} , obtido por simulação dinâmica.

No sentido de incrementar a classe energética do edifício foram estudadas medidas de melhoria, as quais não tiveram o sucesso esperado, visto que a classificação energética obtida com recurso às mesmas se traduziu numa classe energética B.

Palavras-chave: Indicador de Eficiência Energética, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, Regulamento dos Sistema Energéticos e de Climatização em Edifícios, Simulação dinâmica Detalhada

Índice

1.	Introdução	1
1.1	Motivação.....	1
1.2	Objetivo	3
1.3	Estrutura	4
1.4	Metodologia	4
2.	Eficiência Energética	7
2.1	União Europeia	7
3.	Legislação no âmbito do desempenho energético de edifícios.....	13
3.1	Primeiras Diretivas no âmbito da eficiência energética	13
3.2	Decreto-Lei 40/90	13
3.3	Diretiva 92/75/CEE	14
3.4	Decreto-Lei 41/94	14
3.5	Decreto-Lei 156/94	14
3.6	Diretiva 2002/91/CE.....	15
3.7	Decretos-Lei 78/2006, 79/2006 e 80/2006	15
3.8	Diretiva 2010/31/EU	18
3.9	Decreto-Lei 118/2013	19
4.	Aplicação dos Decretos-Lei ao caso de estudo	21
4.1	Enquadramento do caso de estudo no âmbito dos regulamentos de desempenho energético	21
4.1	Localização do caso de estudo	22
4.2	Descrição da utilização do edifício	22
4.3	Recolha da documentação inicial.....	23
4.4	Análise das faturas energéticas.....	24
4.5	Verificação do Plano de Racionalização de Energia	27
4.5.1.1	Cálculo do IEE_{real} , Faturas e do $IEE_{ref,exist}$	29
4.6	Simulação dinâmica detalhada	31

4.6.4.1	RSECE.....	34
4.6.4.2	RECS.....	34
4.6.5.1	Envolvente.....	37
4.6.5.1	Áreas.....	40
4.6.5.2	Ocupação.....	42
4.6.5.3	Iluminação.....	42
4.6.5.4	Sistema de climatização.....	43
4.6.5.5	Águas Quentes Sanitárias.....	45
4.6.5.6	Consumo elétrico.....	47
4.6.5.7	Validação.....	49
4.6.6.1	Preenchimento dos padrões nominais: perfis e densidade de ocupação, iluminação e equipamentos.....	51
4.6.6.2	Cálculo do caudal de ar novo.....	51
4.6.6.3	Resultados da simulação em condições nominais de utilização.....	52
4.6.6.4	Classificação energética.....	54
4.6.7.1	Envolvente de referência.....	55
4.6.7.2	Padrões mínimos de eficiência energética.....	55
4.6.7.3	Caudais de ar novo.....	57
4.6.7.4	Consumos energéticos da simulação de referência.....	58
4.6.7.5	Classificação energética.....	58
5.	Comparação entre o RSECE e o RECS.....	61
5.1	Âmbito de aplicação.....	61
5.1	Qualidade do ar interior.....	61
5.2	Funções.....	61
5.3	Plano de manutenção.....	62
5.4	Simulação dinâmica detalhada.....	62
5.5	Classificação energética.....	62
5.6	Certificado energético.....	63
6.	Medidas de melhoria.....	65
6.1	Iluminação.....	66
6.2	Aquecimento de águas sanitárias.....	69
6.3	Sistema fotovoltaico.....	71
6.4	Determinação do IEE com a aplicação das medidas de melhoria.....	72
7.	Conclusões.....	75
	Referências Bibliográficas.....	77
	Anexos.....	81

Anexo I – Valores limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes	81
Anexo II – Tela final do piso 0 do Jumbo de Alverca.....	82
Anexo III – Constituição da envolvente utilizada na simulação.....	82

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tipos de indicadores de eficiência energética (IEE) existentes no RSECE	29
Tabela 2 – Determinação do $IEE_{real,faturas}$	30
Tabela 3 –Dados para a determinação do $IEE_{ref,exist}$ ponderado	30
Tabela 4 - Zona climática de inverno	35
Tabela 5 - Zona climáticas de verão	35
Tabela 6 - Condições a respeitar no uso da simulação dinâmica detalhada	37
Tabela 7- Coeficiente de Transmissão Térmica das Paredes (U)	38
Tabela 8 - Coeficiente de transmissão térmica de elementos envidraçados	40
Tabela 9 - Número de Ocupantes	42
Tabela 10 - Horário de funcionamento do Jumbo de Alverca	42
Tabela 11 - Densidade de iluminação por tipologia.....	43
Tabela 12 - Horário de funcionamento da iluminação	43
Tabela 13 - Caraterização dos Equipamentos de Climatização existentes no Jumbo de Alverca	45
Tabela 14 - Zonas de Consumo de Águas Quentes Sanitárias	46
Tabela 15 - Consumo mensal e anual de aquecimento, ventilação e ar condicionado	48
Tabela 16 - Consumo elétrico total mensal e anual	48
Tabela 17 - Validação dos resultados da simulação por comparação com os consumos energéticos anuais das faturas.....	49
Tabela 18 - Validação dos resultados da simulação por comparação com os consumos energéticos da auditoria energética	50
Tabela 19 – Padrões nominais	51
Tabela 20 - Valores necessários ao cálculo do caudal de ar novo por tipologia	52
Tabela 21 - Consumos energéticos nominais	53
Tabela 22 - IEE_{nom} por tipologia.....	54
Tabela 23 - Classes energéticas segundo RSECE	55
Tabela 24 - Coeficientes de transmissão térmica da envolvente de referência.....	55

Tabela 25 - Classe de eficiência energética de caldeiras	56
Tabela 26 - Eficiências de Referência de Unidades tipo Chiller Bomba e Calor de Compressão	56
Tabela 27 - Eficiências Energéticas de Referência para unidades Split, multissplit e compactas com permutas ar-ar	56
Tabela 28 - Caudal de referência de ar novo	57
Tabela 29 - determinação do caudal de ar novo de referência	57
Tabela 30 - Consumos energéticos anuais do tipo S resultantes da simulação de referência.....	58
Tabela 31 - Consumos energéticos anuais do tipo T resultantes da simulação de referência.....	58
Tabela 32 - Consumos energéticos reais do tipo S	59
Tabela 33 - Fatores de conversão entre energia final e energia primária	59
Tabela 34 - Consumos energéticos de referência do tipo S	59
Tabela 35 - Índices de Eficiência Energética	60
Tabela 36 - Classe Energética	60
Tabela 37 - Quantidade e Investimento necessário para a Instalação de Iluminação Eco.....	67
Tabela 38 - Dados resultantes do dimensionamento de iluminação Tarifa	67
Tabela 39 - Quantidade e Investimento necessário para a instalação de Lâmpadas LED.....	68
Tabela 40 - Dados resultantes do dimensionamento de iluminação	68
Tabela 41 - Dimensionamento Sistema Solar de Aquecimento de Águas Sanitárias	69
Tabela 42 - Dados resultantes do dimensionamento do sistema de coletores solares	69
Tabela 43 - Dimensionamento do Sistema fotovoltaico.	71
Tabela 44 - Dados resultantes do dimensionamento	71
Tabela 45 - Consumos energéticos do tipo S	73
Tabela 46 - Cálculo do IEE_{ren}	73
Tabela 47 - Determinação da classe energética	73

Índice de Figuras

Figura 1 - Consumo Mundial em termos de fontes de energia [Mtep] por Década [Fonte World Energy Outlook IEA 2011]	1
Figura 2 - Emissão mundial de CO ₂ [kt/ ano] [Fonte World Bank Data]	2
Figura 3 - Percentagem do consumo energético final por sector [Fonte Eurostat]	8
Figura 4 -Evolução do Produto Interno Bruto ao longo dos últimos anos [Fonte World Bank Data]	9
Figura 5 - Número de edifícios existentes por década [Fonte Pordata]	9
Figura 6 - Consumo Energético per Capita em Portugal [Fonte World Bank Data].....	10
Figura 7 - Emissão Anual de CO ₂ [kt] em Portugal [Fonte World Bank Data]	10
Figura 8 - Consumo Energético dos Principais Sectores em Portugal [Fonte Eurostat]	11
Figura 9 - Entidades que faziam parte da prática do SCE	17
Figura 10 - Fachada Noroeste do Jumbo de Alverca.....	21
Figura 11 - Distância ao mar.....	22
Figura 12 - Consumo de energia elétrica ativa [kWh].....	25
Figura 13 - Valorização da energia elétrica consumida.	25
Figura 14 - Consumos de energia reativa [kVAh].....	26
Figura 15 - Valorização da energia reativa consumida [€]	26
Figura 16 - Consumo de gás propano	27
Figura 17 - Valorização do gás propano	27
Figura 18 - Esquema da verificação da necessidade de PRE.....	28
Figura 19 -Fatores que influenciam as necessidades de aquecimento e arrefecimento resultantes da simulação	32
Figura 20 - Fatores a introduzir no Design Builder.....	33
Figura 21 - Representação do Piso 0 com as respetivas partições	33
Figura 22 - Fachada Nordeste do Jumbo de Alverca.....	34
Figura 23 - Requisitos a respeitar para o levantamento de dados	36
Figura 24 - Medição da parede exterior	39

Figura 25 - Medição da parede interior	39
Figura 26 – Medição de uma área em AutoCAD	41
Figura 27 - Chiller	44
Figura 28 - Slipt.....	44
Figura 29 – UTA	44
Figura 30 - Caldeira a gás propano, queimador e vaso de suspensão	46
Figura 31 - Depósito de águas quentes sanitárias com capacidade de 3000L	47
Figura 32 - Contadores de consumo elétrico	47
Figura 33 - Analisador trifásico de redes.....	49
Figura 34 - Desagregação de consumos elétricos.....	65
Figura 35 - Percentagem de tipo de lâmpada.....	66
Figura 36 - Coletor solar Vulcano FKT 2W.....	70
Figura 37 - Grupo hidráulico AGS 20	70
Figura 38 - Controlador B-Sol 100.....	70
Figura 39 - Esquema do sistema solar fotovoltaico	72
Figura 40 -Painel Fotovoltaico SunPower 327NE WHT-D T5	72
Figura 41 - Inversor SMA STP 20000TLEE-10	72

Abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CEE	Comunidade Económica Europeia
CFL	Lâmpadas Compactas Fluorescentes
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DL	Decreto-Lei
DPI	Densidade de Potência de Iluminação
EN	<i>European Standards</i>
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
FCI	Fator de correção de inverno
FCV	Fator de correção de verão
GEE	Gases Efeito Estufa
GES	Grandes Edifícios de Serviço
IEE	Indicador de Eficiência Energética
IEE _{real}	Indicador de Eficiência Energética Real
IEE _{ref}	Indicador de Eficiência Energética Referência
IEE _{nom}	Indicador de Eficiência Energética Nominal
LED	Light Emitting Diode
LNEC	Laboratório Nacional da Engenharia Civil
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
Mtep	Mega tonelada equivalente de petróleo

NZEB	<i>Nearly zero energy building</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidade Territoriais para Fins Estatísticos
PD	Pé Direito
PD _m	Pé Direit Médio
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Plano de Manutenção
PQ	Perito Qualificado
PRE	Plano de Racionalização Energética
PRS	Período de Retorno Simples
PTL	Ponte Térmica Linear
PTP	Ponte Térmica Plana
QAI	Qualidade do Ar Interior
RIEE	Rácio de Eficiência Energética
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TRF	Técnico Responsável pelo Bom Funcionamento dos Sistemas Energéticos de Climatização
TIM	Técnico de instalação e manutenção
T8	Lâmpada Tubular Fluorescente
UE	União Europeia
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>

UTA

Unidade Tratamento de Ar

Nomenclatura

a	Declive de ajuste	[°C/km]
$\text{Área}_{\text{tipologia}}$	Área de cada tipologia	[m]
C	Valor dos custos de investimento	
GD	Graus-dias da localidade	[°C]
GD_{ref}	Graus-dias referência de cada NUTS	[°C]
N_i	Necessidades nominais de energia útil para aquecimento	[kWh/m ² .ano]
N_v	Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento	[kWh/m ² .ano]
P	Poupança anual	€
Q_{AN}	Valor do caudal de ar novo	[m ³ /h]
U	Coeficiente de Transmissão Térmica	[W/m ² K]
z	Altitude da localidade do edifício	[m]
z_{ref}	Altitude referência da localidade da região	[m]
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento	[°C]
θ_{ref}	Temperatura exterior média de referência da região	[°C]

1. Introdução

1.1 Motivação

Segundo a Agência Europeia do Ambiente, a energia desempenha um papel fundamental na qualidade de vida do Homem, impulsionando evolução tecnológica, industrial e social, garantindo mobilidade e gerando riqueza, suprimindo assim, de forma eficaz as necessidades de conforto de uma sociedade exigente [European Environment Agency, 2014].

Na verdade, é verificada uma dependência recíproca entre o consumo de energia e o desenvolvimento, dado que o consumo energético é afetado por fatores demográficos, climáticos, tecnológicos, políticos, económicos e sociais [Consumption and the Environment , 2012].

Deste modo, prevê-se que o consumo mundial de energia continue a aumentar, num total de 56% no período entre 2010-2040, passando de 13 205 Mtep para 20 664 Mtep (mega toneladas equivalente de petróleo). Esta projeção baseia-se no crescimento económico especulado para os países em vias de desenvolvimento [EIA - Energy International Agency, 2013].

Contudo, o aumento contínuo do consumo energético, ilustrado na Figura 1, desperta grandes preocupações a nível ambiental, uma vez que a maioria das aplicações energéticas requer a utilização de combustíveis fósseis, provocando a emissão excessiva de gases de efeito de estufa (GEE) [European Environment Agency, 2014].

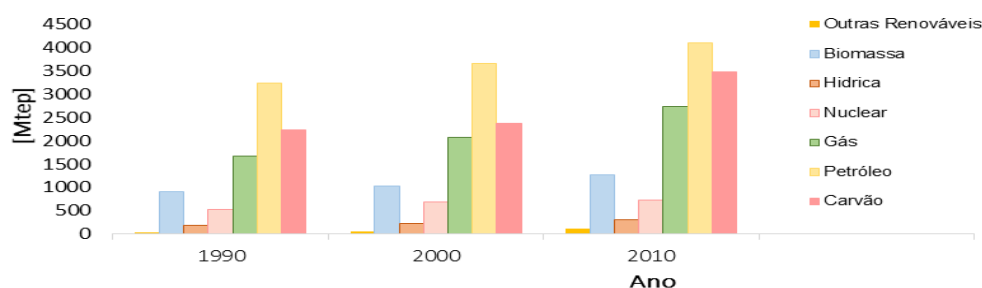


Figura 1 - Consumo Mundial em termos de fontes de energia [Mtep] por Década [Fonte World Energy Outlook IEA 2011]

Embora, os GEE sejam cruciais para a existência de vida na Terra, o seu desequilíbrio na atmosfera impede que parte da radiação infravermelha emitida pelo sol regresse ao espaço,

retendo-a na atmosfera, o que provoca um aumento da temperatura média do planeta, contribuindo assim, para o aquecimento global, no qual está a origem do degelo dos glaciares e, consequentemente, a subida do nível médio do mar [Earth System Research Laboratory, 2014].

Perante a gravidade deste problema ambiental, foi elaborado o Protocolo de Quioto com o intuito de combater as alterações climáticas, limitando as emissões de GEE, nomeadamente de dióxido de carbono (CO_2), o qual apresentou um elevado crescimento ao longo das últimas décadas, representado na Figura 2.

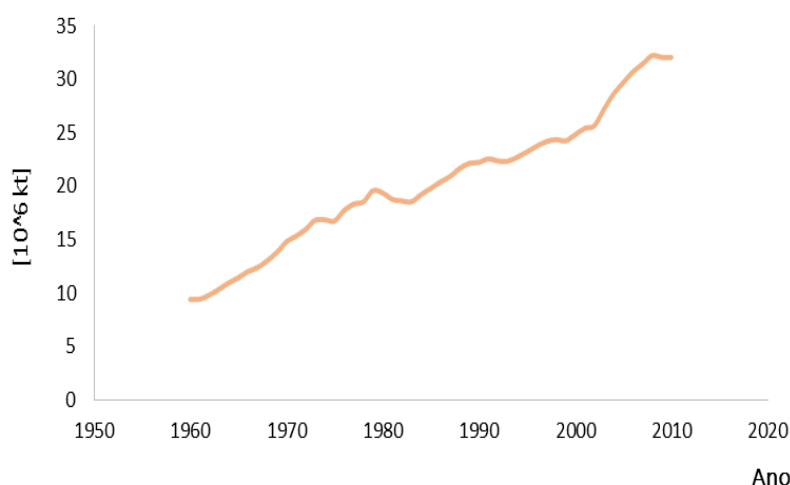


Figura 2 - Emissão mundial de CO2 [kt/ ano] [Fonte World Bank Data]

O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 2005, apresentando limites proporcionais ao grau de desenvolvimento de cada país, uma vez que os países desenvolvidos são os principais consumidores de energia e, portanto os maiores responsáveis pelas emissões de GEE, sendo deste modo, os mais penalizados pelas medidas estabelecidas [United Nations Framework Convention on Climate Change, 2014].

Como um dos grandes defensores deste protocolo, a União Europeia (UE) traçou objetivos específicos para o ano de 2020 no intuito de amenizar as alterações climáticas, designados pelas “metas 2020”, as quais consistem em:

- Reduzir em 20% as emissões de GEE, comparativamente com os valores base referentes ao ano de 1990;

- Aumentar a eficiência energética com o propósito de reduzir 20% do consumo de energia final e, consequentemente diminuir a utilização de energia primária;
- Aumentar a penetração de energia de fonte renovável, até 20% do mix energético, que consiste no conjunto de fontes de energia primária para produção de energia elétrica.

Para atingir essas metas, a UE percebeu que era imprescindível promover junto dos seus Estados-Membros a importância da eficiência energética, deste modo elaborou Diretivas neste âmbito, aplicadas aos sectores de maior consumo, nomeadamente ao sector de edifícios, o qual apresenta um grande potencial de poupança energética e, consequentemente de redução das emissões de GEE [Climate Action, 2014].

Em consequência deste compromisso, a UE tem vindo a diminuir as emissões de GEE, bem como a maioria dos países participantes do Protocolo de Quioto [United Nations Framework Covention on Climate Change, 2014].

1.2 Objetivo

A presente dissertação compara dois regulamentos do desempenho energético de edifícios de serviço, designadas respetivamente por Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), em vigor desde 1 de dezembro de 2013, e Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), o qual entrou em vigor 4 de abril de 2006 tendo sido revogado a 30 de novembro de 2013. Ambos os regulamentos enquadram-se no Sistema de Certificação Energética (SCE).

Deste modo, as metodologias que conduzem à certificação energética presentes em cada regulamento foram aplicadas ao mesmo de estudo, com o intuito de comparar as diferenças entre essas. Para tal, foi utilizado o software, Design Builder versão 2.9.0.002 [Design Builder, 2014] que constitui uma interface gráfica do programa de simulação Energy Plus versão 6.0 [U.S. Department of Energy, 2013] através do qual foram construídos os modelos necessários à aplicação de cada um dos regulamentos.

Para além da comparação entre regulamentos, a dissertação teve por objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta aplicada ao RECS, com vista a simplificar o cálculo dos valores utilizados nas simulações.

Por último, a dissertação tem o intuito de estudar as medidas de melhoria que conduzem a um aumento do desempenho energético do edifício estudado e, consequentemente, a sua classe energética.

1.3 Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No *Capítulo 1* estão contidos, a motivação e o objetivo da dissertação, a estrutura e a metodologia utilizada no desenvolvimento da mesma.

No *Capítulo 2* é abordada a importância da eficiência energética na União Europeia e em Portugal.

No *Capítulo 3* é descrita a evolução da legislação no âmbito da eficiência energética e do desempenho energético de edifícios no contexto europeu, através das Diretivas, bem como à sua transposição para o contexto nacional, através dos Decretos-Lei.

No *Capítulo 4* é demonstrada a aplicação dos regulamentos ao caso de estudo, apresentando-se as respetivas fases do processo de certificação energética, entre as quais, a recolha da documentação referente ao edifício, a verificação da necessidade de Plano de Racionalização Energética (PRE), a auditoria energética, o recurso à simulação dinâmica detalhada e o cálculo da classe energética.

No *Capítulo 5* analisam-se as principais diferenças entre o Decreto-Lei n.º 79/2006 (RSECE) e o Decreto-Lei n.º 118/2013 (RECS).

No *Capítulo 6* são apresentadas as medidas de melhoria referentes ao caso de estudo, com o intuito de incrementar a classificação energética do edifício.

No Capítulo 7 são tecidas as principais conclusões da dissertação.

1.4 Metodologia

Esta dissertação segue a metodologia que advém dos regulamentos para a certificação energética de edifícios, pelo que a primeira fase consiste na recolha de documentos, tais como caderneta predial, registo predial, faturas energéticas, telas de arquitetura, entre outros.

O segundo passo corresponde ao levantamento de dados da envolvente e dos sistemas, nomeadamente, áreas, pé direito, espessura da envolvente opaca, tipo e potência de iluminação, eficiência dos sistemas energéticos de climatização e de aquecimento de águas sanitárias.

Seguidamente, analisam-se os dados de consumo de energia que constam nas faturas, com o intuito de calcular o indicador de eficiência energética de faturas, $IEE_{real,faturas}$, o qual foi utilizado na verificação de necessidade de PRE.

Após, a análise das faturas energéticas, é realizada uma simulação do consumo de energia anual em condições reais de utilização que é posteriormente comparado com o consumo de energia anual resultante das faturas energéticas, com vista a ‘calibrar’ o modelo de simulação utilizado. Desta análise resulta o indicador de eficiência energética real, IEE_{real} .

De seguida, é efetuada uma simulação do consumo de energia anual em condições nominais de utilização definidas pelo RSECE.

Adicionalmente é ainda efetuada uma simulação em que se utiliza um modelo de referência definido pelo RECS, nomeadamente padrões de eficiência energética dos sistemas, coeficientes de transmissão térmica, áreas e fator solar dos vãos envidraçados e caudal de ar novo.

Este procedimento permite a determinação dos indicadores de eficiência energética pelos métodos estabelecidos por cada regulamento tendo em vista a determinação da classe energética do edifício.

Por último, inclui-se o estudo de medidas de melhoria direcionadas para a iluminação e para a utilização de fontes renováveis, com o intuito de melhorar o desempenho energético do edifício.

2. Eficiência Energética

2.1 União Europeia

Segundo a Comissão Europeia, a redução do consumo energético e a eliminação do desperdício de energia são fundamentais para o cumprimento das metas 2020, propostas no âmbito das alterações climáticas [Energia 2020 - Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura, 2010].

Deste modo, o Conselho Europeu defende que a eficiência energética é indispensável na redução do consumo energético, salientando ainda sua eficácia perante a redução de custos e de dependência energética, diminuindo assim, as faturas de importação de energia [Energia 2020 Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura, 2010].

Como tal, a UE tem promovido a importância da eficiência energética juntos dos Estados-Membros, sendo reconhecida como meio não apenas para reduzir as emissões de gases de efeito de estufa, mas também para contribuir para o melhoramento da segurança do aprovisionamento e, ainda para promover a competitividade da economia dos países europeus [Energia 2020 Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura, 2010].

Para tal, a UE tem estabelecido normas e regras mínimas no âmbito da eficiência energética, resumidas em Diretivas aplicáveis à rotulagem e à conceção ecológica de produtos, serviços e infraestruturas bem, como aos sectores de maior consumo: transportes, indústria e edifícios, sendo este último o que apresenta um maior potencial de poupança de energia [europarl.europa.eu, 2014].

2.1.1 Sector dos Edifícios na União Europeia

O sector dos edifícios representa cerca de 40 % do consumo de energia final da União Europeia (UE), ilustrado na Figura 3. A redução do consumo de energia neste domínio é, portanto, uma prioridade no âmbito das metas 2020 em matéria de eficiência energética [Europa, 2010].

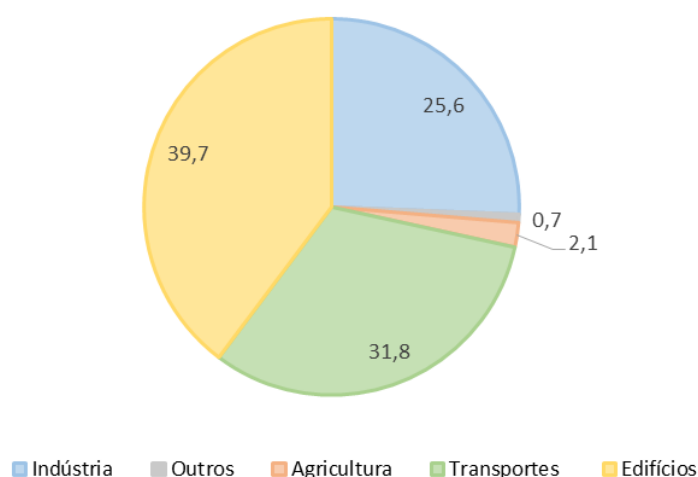


Figura 3 - Percentagem do consumo energético final por sector [Fonte Eurostat]

Perante a parcela de consumo energético dos edifícios foram elaboradas Diretivas, com vista a estabelecer requisitos mínimos em prol da eficiência energética dos sistemas energéticos destes, bem como garantir a qualidade da construção, de forma a reduzir os consumos energéticos [Europa, 2010].

Para o controlo de conformidade com o estabelecido pelas Diretivas, a UE sugeriu aos seus Estados-Membros que criassem um Sistema de Certificação Energética com o propósito de verificar o cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho energético [Europa, 2007].

Deste modo, a aplicação das Diretivas ao sector dos edifícios contribuiu para a redução 15,1% de GEE, ultrapassando o valor estipulado de 8%, para o primeiro período das metas 2020 (2008-2012) [Climate Action, 2014].

2.1.1 O sector de edifícios em Portugal

Portugal entrou na UE, antiga CEE, em 1986, época em que o país atravessava um período de crescimento económico (1985-1988), representado na Figura 4, justificado pelo investimento nos sectores principais: indústria, transportes, agricultura e edifícios, compensando a carência de desenvolvimento durante o regime ditatorial.

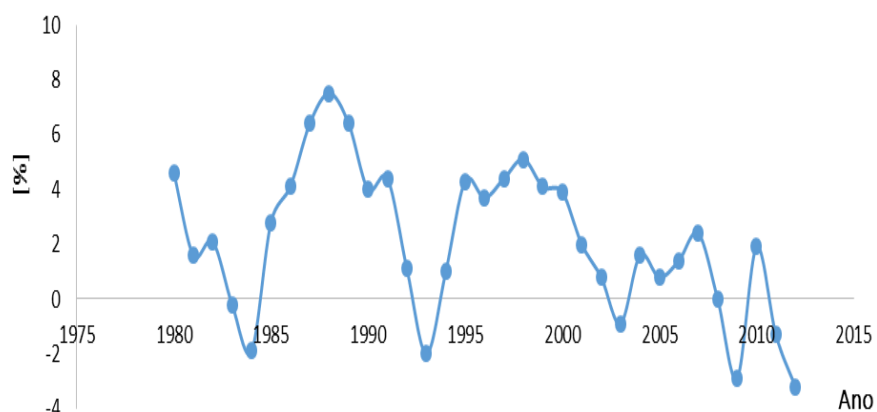


Figura 4 -Evolução do Produto Interno Bruto ao longo dos últimos anos [Fonte World Bank Data]

Neste sentido o sector de edifícios sofreu um crescimento, quer a nível de edifícios de habitação, quer a nível de edifícios de serviços, para os quais surgiu a necessidade de climatização devido ao melhoramento da qualidade de vida da população portuguesa.

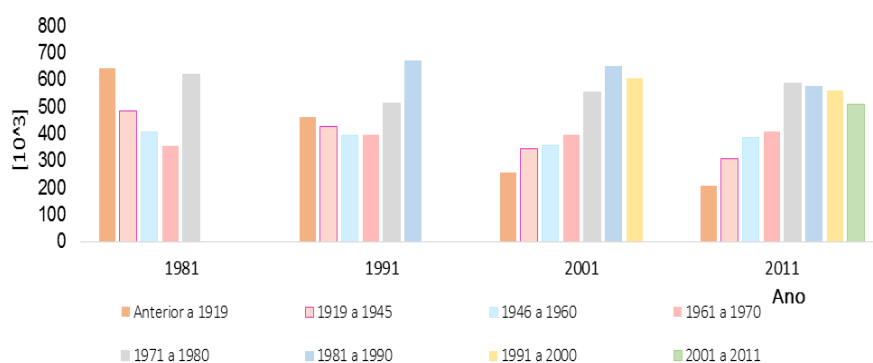


Figura 5 - Número de edifícios existentes por década [Fonte Pordata]

Deste modo, o desenvolvimento deste sector contribuiu para o aumento do consumo energético, representado na Figura 6, bem para o aumento das emissões de CO₂, ilustrado na Figura 7.

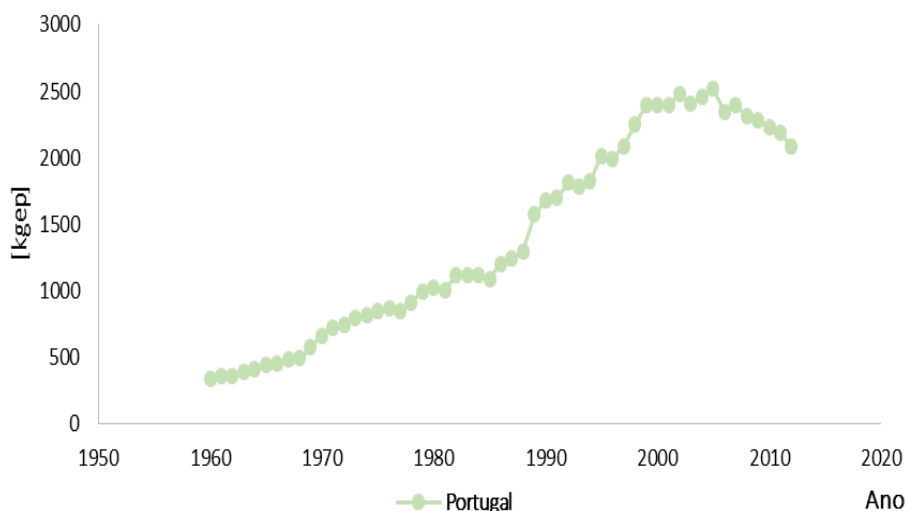


Figura 6 - Consumo Energético per Capita em Portugal [Fonte World Bank Data]

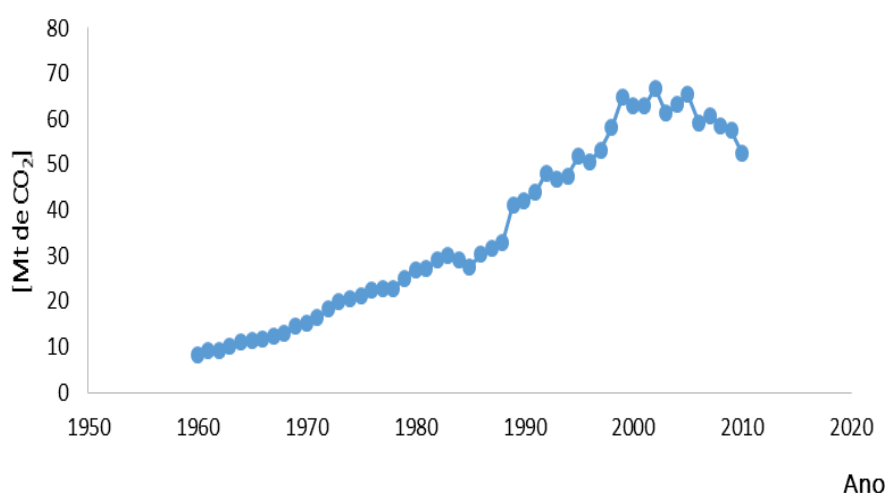


Figura 7 - Emissão Anual de CO₂ [kt] em Portugal [Fonte World Bank Data]

Contudo, ao contrário do que acontece na União Europeia, o sector dos edifícios em Portugal não é o maior consumidor energético, mas sim o sector dos transportes, ilustrado na Figura 8. Este menor consumo é justificado sobretudo pelos económicos mas também pelos fatores climáticos.

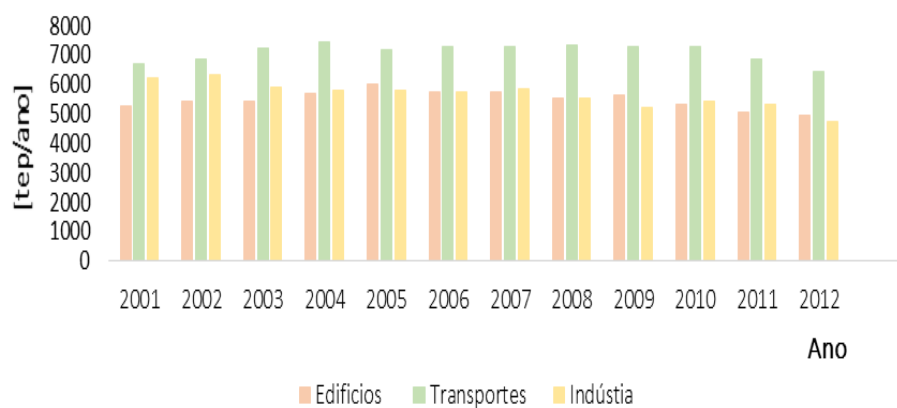


Figura 8 - Consumo Energético dos Principais Sectores em Portugal [Fonte Eurostat]

3. Legislação no âmbito do desempenho energético de edifícios

3.1 Primeiras Diretivas no âmbito da eficiência energética

Durante a década de 70, foi verificado um aumento excessivo do consumo energético nos Estados-Membros, deste modo a UE decidiu implementar normas para promover a utilização racional e eficiente de energia.

Como tal, em 1979 foi publicada a Diretiva 79/530/CEE que determinava a rotulagem de qualquer aparelho doméstico, com vista a responsabilizar o consumidor pelo uso de energia, o qual tinha o dever de comparar as características do equipamento elétrico, optando conscientemente pelo mais eficiente.

Ainda no mesmo ano, foi publicada uma nova Diretiva 79/531/CEE no seguimento da Diretiva 79/530/CEE, a qual tinha como âmbito de aplicação os fornos elétricos, com o propósito de diferenciar estes, de outros tipos de fornos que recorrem a outras fontes de energia.

3.2 Decreto-Lei 40/90

O DL 40/90 foi pioneiro no âmbito da regulamentação da construção em Portugal, tendo sido elaborado com base na experiência adquirida pela aplicação de regulamentação semelhante noutros países. Embora em 1990, a parcela de energia consumida pelo sector de edifícios não fosse preocupante, previa-se que, nos anos sucessivos, essa sofresse um aumento considerável devido à instalação de sistema para aquecimento e arrefecimento ambiente.

Desse modo, o governo português decidiu elaborar o Decreto-Lei, designado por Regulamento das Características do Comportamento Térmico em Edifícios, RCCTE, com o intuito de melhorar o aproveitamento dos ganhos endógenos, nomeadamente solares, através da otimização da arquitetura e das tecnologias construtivas, tendo em conta a orientação adequada do edifício, de modo a maximizar os ganhos externos.

De um modo geral, este decreto-lei pretendia promover uma política de consumo racional de energia através da melhoria da qualidade de construção.

3.3 Diretiva 92/75/CEE

No período anterior a 1992, verificou-se um aumento do consumo energético no sector dos edifícios, obrigando a uma atualização das Diretivas.

Como tal, foi elaborada a Diretiva 92/75/CEE que continuava a política de promoção da utilização racional de energia acrescentando um novo desafio, reduzir a poluição ambiental.

Para tal, a rotulagem tinha de ser ainda mais completa e estritamente obrigatória, demonstrando o conjunto de características do aparelho, facilitando assim a melhor escolha por parte do consumidor, contribuindo para redução do consumo energético.

3.4 Decreto-Lei 41/94

No âmbito da Diretiva 92/75/CEE, o governo português publicou o Decreto-Lei 41/94, o qual apelava à utilização racional da energia.

Desse modo, o DL 41/94 defendia a implementação como obrigatória da disponibilização da informação relativa ao consumo específico de energia de cada aparelho doméstico, de forma rigorosa, adequada e facilmente comparável, proporcionando uma maior facilidade de escolha por parte do consumidor.

3.5 Decreto-Lei 156/94

Ainda no ano de 1994, o governo português publicou o Decreto-Lei 156/94, relativo ao Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE), pioneiro nacional nesse âmbito.

A sua elaboração foi justificada pelo aumento da procura de equipamentos de climatização, os quais por um lado conferiam um melhoramento do conforto térmico, permitindo ventilação, aquecimento, arrefecimento, humedificação e desumidificação, mas por outro lado traziam grandes preocupações a nível da qualidade do ar devido à escassez de manutenção.

Como tal, foi necessário regulamentar o funcionamento dos equipamentos de climatização, elaborando um conjunto de regras que assegurassem as exigências ambientais, bem como o uso racional de energia. [Artigo 1.º]

Assim, estavam sujeitos a este regulamento, todos os equipamentos e sistemas energéticos pertencentes à climatização, instalados em edifícios ou em zonas independentes aos mesmos, com uma potência superior a 20 kW.

Todavia, existiam exceções, como aparelhos utilizados para fins industriais, implementados em edifícios classificados ou localizados em zonas históricas [Artigo 2.º].

Este decreto-lei apresentava ainda outros requisitos importantes como a renovação de ar novo em espaços ocupados, bem como a prática da manutenção, de relevância extrema para garantir a limpeza e a durabilidade dos equipamentos.

Contudo este regulamento não teve o sucesso esperado devido à inexistência de um controlo de conformidade, resultando em discrepâncias entre o desempenho das instalações e o respetivo projeto de instalação.

3.6 Diretiva 2002/91/CE

Após uma década, em 2003, a União Europeia publicou a Diretiva 2002/91/CE alusiva ao desempenho energético dos edifícios, impondo aos Estados-Membros a adoção da atualização periódica dos regulamentos, visando assim a redução dos consumos energéticos dos edifícios novos e reabilitados, tendo em consideração a viabilidade técnica e económica.

A Diretiva apresentava ainda a obrigatoriedade de um controlo periódico dos consumos reais dos edifícios de serviços, assim como a disponibilização desta informação junto ao público que os frequenta, por meio da afixação de um certificado energético em local bem visível à entrada do edifício.

3.7 Decretos-Lei 78/2006, 79/2006 e 80/2006

Em 2006, foi transposta a Diretiva 2002/91/CE para a legislação nacional, tendo por base, a experiência obtida na implementação dos Decretos-Lei antecedentes, 40/90 e 156/94.

3.7.1 DL78/2006 SCE

Assim, conforme o imposto pela UE, foi criado o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), regulamentado pelo DL78/2006.

Deste modo, o DL78/2006 recomendava os proprietários a disponibilizarem a informação sobre os potenciais consumos de energia aos futuros utentes, no caso de edifícios novos ou

reabilitados. Enquanto que, para alguns dos edifícios de serviços existentes, tornava obrigatória a certificação energética.

Como tal, era essencial diferenciar os tipos de edifícios criando diferentes âmbitos e objetivos, assim a par do SCE, foram elaborados dois decretos-lei, o RSECE, o qual abrangia os edifícios não residenciais que apresentassem uma área superior a 1000m² no caso de grandes edifícios existentes, ou 500m² no caso de supermercados, hipermercados, centros comerciais ou piscinas cobertas. Abrangendo ainda todos os grandes e pequenos edifícios de serviço bem como, residenciais na sua fase de licenciamento, no caso de apresentarem uma potência térmica instalada superior ou igual a 25 kW (para aquecimento ou arrefecimento).

Os restantes edifícios de habitação ou serviços de menor área, sem sistemas de climatização, ou com sistemas de climatização com potência térmica inferior a 25 kW, eram abrangidos pelo DL 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Deste modo, o SCE pretendia assegurar a aplicação da regulamentação correspondente aos requisitos de eficiência energética, não descurando a qualidade do ar interior.

Para além destes objetivos, incentivava os Peritos Qualificados, responsáveis pela emissão do Certificado Energético, ao apuramento de medidas corretivas ou melhorias de desempenho energético e da qualidade do ar interior em concordância com os objetivos da Diretiva 2002/91/CE. [Artigo 2.º].

Da prática do SCE, faziam parte entidades como a Direção Geral de Geologia e Energia (DGEG), a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e a Agência para a Energia (ADENE), representadas no esquema da Figura 9.

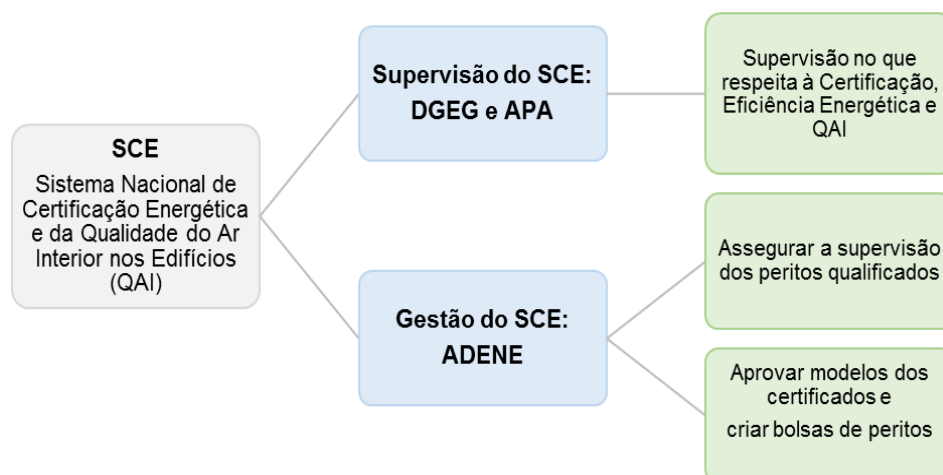


Figura 9 - Entidades que faziam parte da prática do SCE

3.7.2 DL 79/2006 RSECE

Segundo o previsto pelo DL 156/94, houve um aumento do número de sistemas de climatização nos dois subsectores, serviços e habitação, devido ao desenvolvimento económico do país, o qual proporcionou a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, tendo impacto na exigência de conforto térmico.

Deste modo, entre 1994 e 2006, o sector de edifícios teve a maior taxa de crescimento no consumo de energia entre todos os outros, traduzindo-se num crescimento médio na ordem de 12% por ano, maioritariamente no subsector dos edifícios de serviço.

Contudo, os edifícios construídos nesse período não respeitavam os requisitos mínimos de renovação de ar novo, devido à falta de controlo de conformidade com a regulamentação, deste modo ocorreram discrepâncias entre o desempenho de instalações e respetivo projeto de instalação, o que aliado à inexistência da prática de manutenção, resultou em problemas ao nível da qualidade do ar interior, alguns dos quais resultaram em impactes significativos ao nível de saúde pública.

Como tal, o RSECE surgiu perante a necessidade de regulamentar as condições de conforto térmico consoante as diferentes tipologias e funções dos edifícios, em concordância com os valores da Organização Mundial de Saúde, normas nacionais e internacionais.

Para além da qualidade do ar interior, o RSECE pretendia melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos de climatização mas em todos os tipos de

consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a limitação efetiva para padrões aceitáveis.

Este impunha ainda regras de eficiência aos sistemas de climatização, de forma a melhorar o seu desempenho energético efetivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projeto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada.

3.7.3 DL 80/2006

O RCCTE, DL 80/2006, surgiu como atualização do primeiro regulamento, o DL 40/90, abrangendo assim projetos de edifícios novos e grandes remodelações, com o propósito de satisfazer as condições de conforto térmico sem gastos exagerados de energia, quer no Inverno quer no Verão, tendo em conta as necessidades de aquecimento e arrefecimento de cada região do país.

Para além desse objetivo, apresentava novos desafios que passavam por minimizar os problemas verificados na construção devido às condensações superficiais no interior dos elementos da envolvente e à obrigatoriedade na implementação de energias renováveis, nomeadamente para o aquecimento de águas quentes sanitárias, com recurso a coletores solares.

O DL 80/2006 tinha como âmbito de aplicação todos os edifícios de habitação e serviços sem sistemas de climatização centralizados ou com sistemas de climatização individuais com potência térmica de aquecimento e arrefecimento inferior ou igual a 25 kW.

Deste estavam excluídos, os edifícios que permanecessem frequentemente abertos em contato com o exterior e os edifícios para fins industriais, culto, militares, sistemas de informações ou forças de segurança sujeitos a regras de controlo e confidencialidade. Ainda excluídos estavam todos os edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados.

3.8 Diretiva 2010/31/EU

A Diretiva 2010/31/EU surgiu da necessidade de atualizar a Diretiva 2002/91/CE, com o intuito de aumentar a eficiência energética na União Europeia de modo a alcançar melhores resultados para o cumprimento das metas 2020.

Seguindo o procedimento habitual, a Diretiva 2010/31/EU foi transposta para a legislação nacional, proporcionando a hipótese de melhorar a regulamentação anterior com base nas falhas verificadas ao longo da sua aplicação, colocando Portugal na direção certa para contribuir, como Estado Membro para as metas delineadas para 2020.

3.9 Decreto-Lei 118/2013

Em 2013, a Diretiva 2010/31/EU foi transposta para a legislação portuguesa, Decreto-Lei 118/2013, com o intuito de simplificar e otimizar o processo da certificação energética.

O DL 118/2013 congrega em apenas um decreto-lei: o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), fazendo a separação clara dos âmbitos do REH e do RECS

Deste modo, o decreto-lei em vigor determina que o desempenho energético dos edifícios de habitação centra-se no comportamento térmico e na eficiência dos sistemas, aos quais acrescem, no caso dos edifícios de comércio e serviços, a instalação, a utilização e a manutenção de sistemas técnicos. Para cada um destes aspetos existem diferentes requisitos consoante o tipo de edifícios: novo, sujeito a grande intervenção ou existente.

Sendo assim, em conformidade com as legislações antecedentes, o DL 118/2013 continua a promoção da importância da eficiência energética e da utilização de fontes de energia renovável, destacando ainda o aproveitamento do recurso solar, abundantemente disponível no país, do mesmo modo que incentiva a utilização de sistemas ou soluções passivas nos edifícios, bem como a otimização do desempenho em consequência de um menor recurso aos sistemas ativos de climatização.

O DL 118/2013 introduz ainda o conceito introduzido pela Diretiva 2010/31/UE, o edifício com necessidades energéticas quase nulas (*nearly zero energy building*, NZEB). Este deverá constituir o padrão para os novos edifícios a partir de 2020, ou de 2018 no caso de edifícios novos públicos ocupados por entidades públicas, bem como uma referência para as grandes intervenções no edificado. Este padrão conjuga a redução de uma parcela significativa das necessidades energéticas do edifício, desde que suportada pela relação custo-benefício, com o abastecimento energético com recurso a fontes de energia de origem renovável.

4. Aplicação dos Decretos-Lei ao caso de estudo

A Certificação Energética consiste na avaliação do desempenho energético de um edifício perante as condições de exploração de energia, com o intuito de identificar os diferentes vetores energéticos e caracterizar os consumos de energia, incluindo entre outros aspectos, o levantamento das características da envolvente e dos sistemas técnicos, a caracterização dos perfis de funcionamento e quantificação, a monitorização e a simulação dinâmica.

Neste sentido, cabe ao Perito Qualificado (PQ) recolher a documentação, fazer o levantamento, calcular as necessidades energéticas do edifício e introduzir os resultados finais no Sistema Nacional de Certificação Energética.

4.1 Enquadramento do caso de estudo no âmbito dos regulamentos de desempenho energético

O caso de estudo, Jumbo de Alverca ilustrado na Figura 10, apresenta uma área interior útil de pavimento superior a 500 m² e uma tipologia de hipermercado inserindo-se, portanto na categoria de Grande Edifícios de Comércio – GES. Ponto 2 do Artigo 27.º respeitante ao DL 79/2006 e no ponto 3, alínea a) do Artigo 3.º do DL 118/2013.

A sua construção data ao ano de 1993, classificando-se perante os regulamentos estudados, como edifício existente, alínea a) do ponto 1 do DL 79/2006 e alínea c) do ponto 1 do artigo 33.º DL 118/2013.



Figura 10 - Fachada Noroeste do Jumbo de Alverca

Para além destes aspectos, o Jumbo de Alverca está inserido num complexo comercial constituído por lojas e restaurantes, aos quais fornece água refrigerada por meio de sistema de climatização centralizado, originando deste modo, a obrigatoriedade de ser certificado como um todo, incluindo na simulação as características dos espaços comerciais que

abastece. Ponto 3 do Artigo 2.º respeitante ao DL 79/2006 e no ponto 4 do Artigo 4.º do DL 118/2013

4.1 Localização do caso de estudo

O Jumbo de Alverca está localizado na Rua Tertir em Alverca do Ribatejo, pertencendo ao concelho de Vila Franca de Xira. Este está edificado a uma altitude de 15 m e uma distância de 33 km do Oceano Atlântico, representada na Figura 11. Estes dados são necessários para a aplicação do Design Builder.

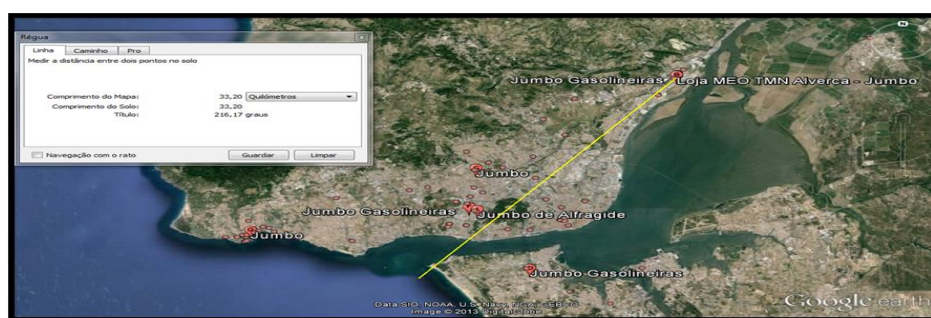


Figura 11 - Distância ao mar

4.2 Descrição da utilização do edifício

O Jumbo de Alverca tem uma área de vendas total de 6679 m² e uma área útil total de 10354 m².

O edifício é constituído por quatro pisos, os quais podem ser descritos sucintamente:

O **piso -2** contém a portaria de pessoal, os balneários, o refeitório e o gabinete médico, destinados aos colaboradores. Este piso contém ainda armazéns, sendo a maioria usufruída pelo Jumbo contudo, existe uma parte que não lhe pertence, não fazendo parte do processo de certificação energética.

O **piso -1** engloba dois parques de estacionamento, a área de manutenção, o cofre e a tesouraria.

O **piso 0** contém a área de venda e a loja de equipamentos eletrónicos designada por Box. Este piso alberga ainda vários espaços comerciais e uma pequena área de armazéns.

O **piso +1** é destinado a escritórios contendo também armazéns de grande dimensão.

4.3 Recolha da documentação inicial

4.3.1 Caderneta predial

A caderneta predial é um documento emitido pelas Finanças que comprova a inscrição do imóvel na matriz, atribuindo-lhe um artigo matricial, o qual identifica a localização, a composição, a área, o proprietário e o valor patrimonial tributável. Este documento é indispensável para a emissão do registo predial pela conservatória.

4.3.2 Registo predial

O registo predial resume todas as frações do edificio como um todo, contendo a informação sobre localização, área total coberta e descoberta, número da matriz, valor venal e, ainda o nome do proprietário do terreno e a causa, seja ela locação ou compra.

4.3.3 Telas finais de arquitetura

As telas finais de arquitetura são imprescindíveis para a construção do modelo de simulação e para a determinação das áreas necessárias ao cálculo da densidade de ocupação, iluminação e caudal de ar novo.

4.3.4 Cortes e alçados

Neste caso, os cortes e alçados não existem, como tal os vão foram desenhados com base em medições.

4.3.5 Telas finais de sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado)

A utilização destas telas não é obrigatória para edifícios existentes, contudo no caso de existirem facilitam a caracterização dos sistemas de AVAC, bem como a localização correta destes.

4.3.6 Telas finas de sistemas de iluminação

A utilização das telas finais de iluminação não é obrigatória, visto que a informação relativa à iluminação pode ser recolhida durante o levantamento. Contudo, a existência evita a ocorrência de erros associados à recolha da quantidade e potência das lâmpadas.

4.3.7 Plano de manutenção

O plano de manutenção é obrigatório no processo de certificação energética, nele constam um conjunto de práticas de carácter corretivo ou preventivo, destinadas aos sistemas energéticos e respetivos equipamentos. Este tem como propósito garantir a plena funcionalidade dos sistemas, bem como a sua qualidade, aumentando assim a sua longevidade com uma consequentemente redução de custos.

4.3.8 Faturas de energia

As faturas de energia são essenciais para a verificação de necessidade do Plano de Racionalização de Energia (PRE) e ainda para a validação dos consumos energéticos obtidos pela simulação real.

4.3.9 Visitas ao edifício

As visitas do PQ ao edifício são importantes para o levantamento e para que este tenha uma boa perceção da arquitetura real do edifício, com vista a obter um modelo gráfico fiel à realidade, pois por vezes podem ocorrer alterações que não estejam em conformidade com a tela final de arquitetura.

4.4 Análise das faturas energéticas

A verificação de necessidade de PRE implica o conhecimento do $IEE_{real,faturas}$, o qual deve ser obtido através das faturas de energia.

Esta análise é também fundamental para ‘calibrar’ o resultado da simulação em condições reais de utilização (simulação real), que deve ser comparado com o consumo médio anual das faturas. A diferença entre ambos os valores não deve exceder um desvio de 10%.

4.4.1 Eletricidade

O consumo elétrico do Jumbo de Alverca oscila consoante as necessidades de aquecimento e arrefecimento, as quais dependem da estação do ano e do mês.

Contudo, por se tratar de um hipermercado, o arrefecimento tem maior relevância que o aquecimento, devido à existência de produtos alimentares, justificando assim, o maior consumo registado nos meses de verão: julho, agosto e setembro, representado na Figura 12.

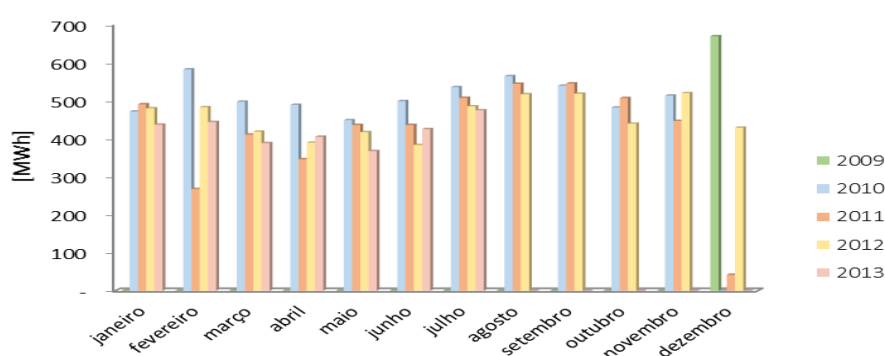


Figura 12 - Consumo de energia elétrica ativa [kWh]

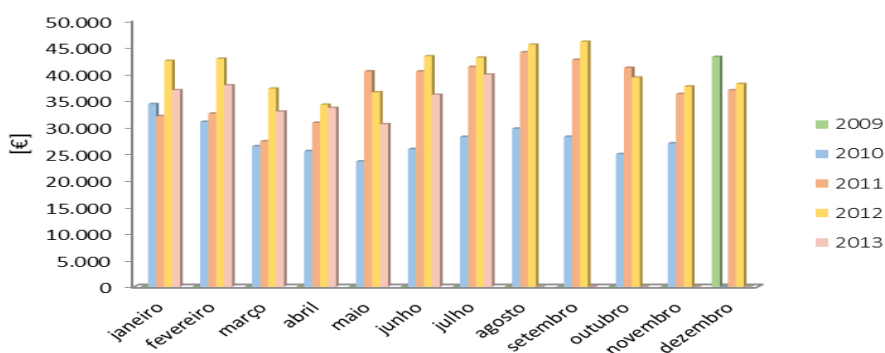


Figura 13 - Valorização da energia elétrica consumida.

A valorização da energia, ilustrada na Figura 13, não é diretamente proporcional ao consumo energético, dado que depende também da tarifa.

Deste modo, justificam-se as discrepâncias entre meses de grande consumo com valorizações mais baixas e meses de menor consumo com valorizações mais elevadas.

Contrariamente à energia elétrica ativa, a energia reativa apresenta um baixo consumo, ilustrado na Figura 14. Esta existe devido à utilização de motores trifásicos nos sistemas de ventilação e de climatização.

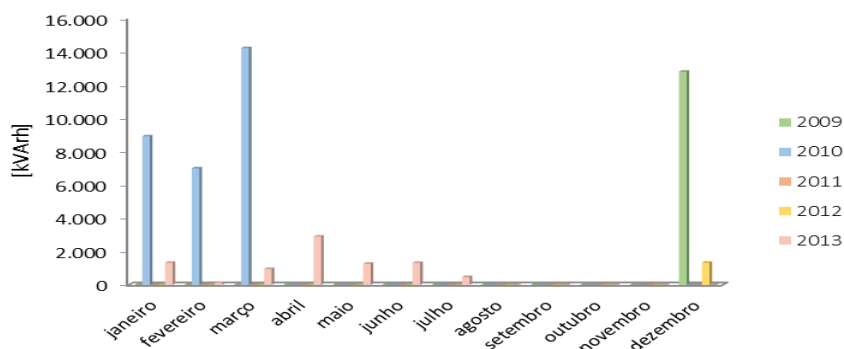


Figura 14 - Consumos de energia reativa [kVAh]

Contudo, no período de março de 2010 a janeiro de 2013, não foi verificado o consumo de energia elétrica reativa devido à instalação de uma bateria de condensadores, o qual corrigiu o fator de potência.

Todavia, em novembro de 2012, a bateria foi retirada, sendo registado novamente consumo de energia elétrica reativa.

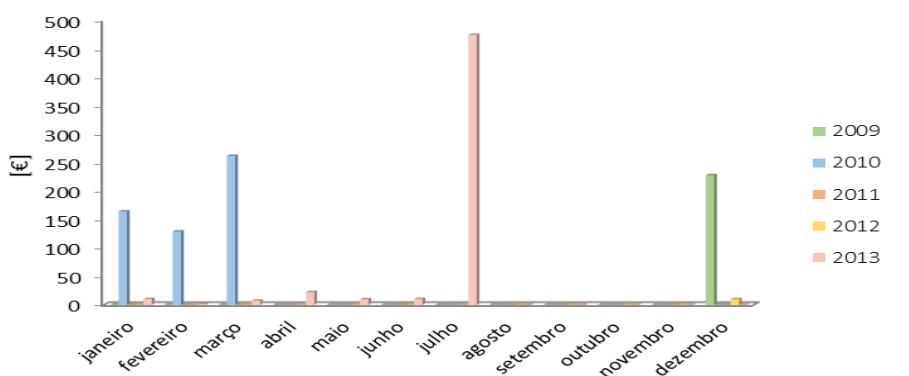


Figura 15 - Valorização da energia reativa consumida [€]

Deste modo, verifica-se que a valorização da energia reativa é insignificante perante a valorização da energia ativa.

4.4.1 Gás propano

O gás propano é utilizado em sistemas de aquecimento de águas sanitárias e para o funcionamento dos fornos da padaria, representando um consumo de energia significativamente inferior à energia elétrica, Figura 16.

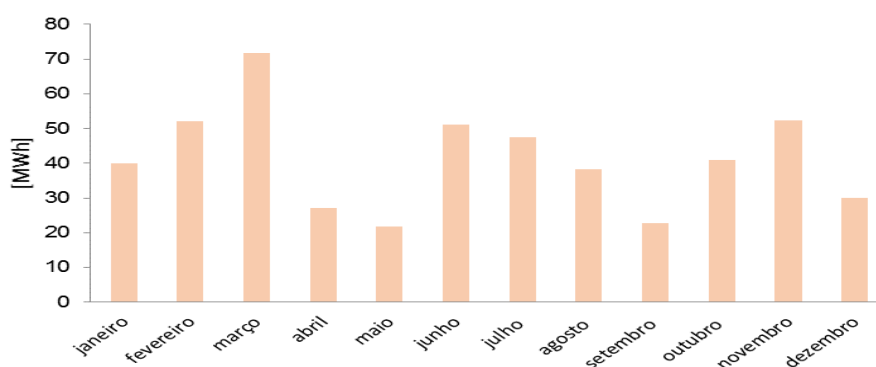


Figura 16 - Consumo de gás propano

O consumo de gás propano varia significativamente de mês para mês devido ao facto de ser comprado a granel.

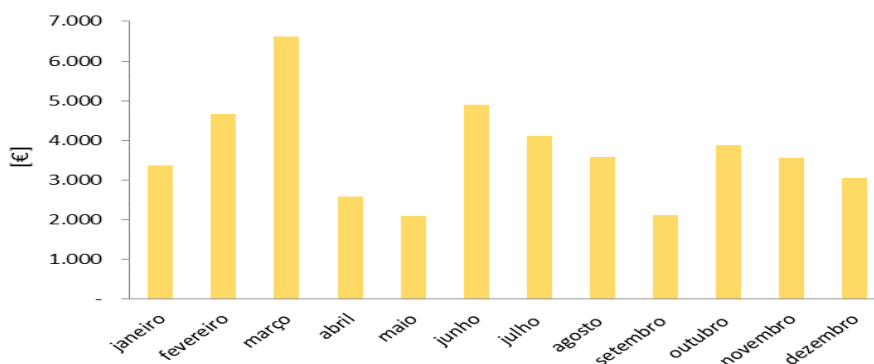


Figura 17 - Valorização do gás propano

4.5 Verificação do Plano de Racionalização de Energia

4.5.1 RSECE

O Plano de Racionalização de Energia (PRE) é um conjunto de medidas que tem como propósito reduzir consumos e custos de energia, sendo elaborado na sequência de uma

auditoria energética, organizado e seriado com base na sua exequibilidade e da sua viabilidade económica.

O PRE é obrigatório quando se verifica, após auditoria energética, que o valor de IEE do edifício é superior ao valor limite aplicável, $IEE_{ref,exist}$.

Como tal, as medidas estabelecidas pelo PRE que apresentam um período de retorno simples (PRS) inferior a 8 anos, devem ser implementadas num prazo de 3 anos após a data de emissão do certificado energético.

Deste modo, é utilizado um método para a verificação de PRE que consiste na comparação de índices de eficiência energética do edifício e o valor de referência existente ponderado ($IEE_{ref,exist}$), ilustrado na Figura 18.

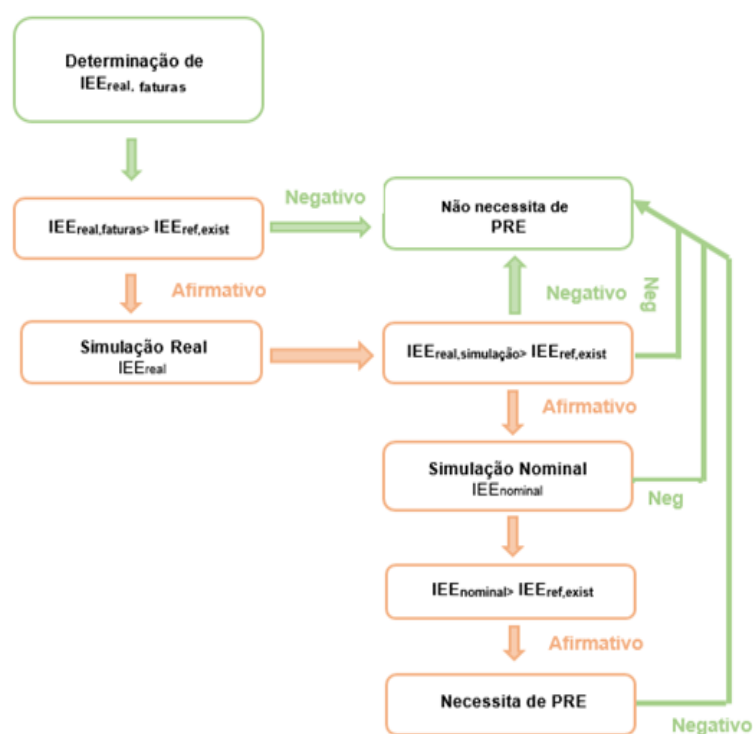


Figura 18 - Esquema da verificação da necessidade de PRE

Caso seja verificado que um dos indicadores de eficiência energética do edifício, representados na Figura 18, é inferior ao indicador de referência, a condição do esquema é dada como falsa e o processo de verificação é concluído.

Caso contrário, o edifício fica sujeito a um Plano de Racionalização de Energia (PRE).

O Indicador de eficiência energética é um valor que representa o consumo energético por m^2 de um determinado espaço ou edifício.

Tabela 1 - Tipos de indicadores de eficiência energética (IEE) existentes no RSECE

Tipo IEE	Designação	Como se determina?	Para que serve?
IEE _{real,faturas} (RSECE)	IEE real obtido pelas faturas	Por análise simples das faturas energéticas (últimos 3 anos de registos), sem correção climática.	Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE
IEE _{real,simulação} (RSECE e RECS)	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correção climática	-Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de PRE. (RSECE) - Classificação segundo o RECS
IEE _{nom} (RSECE)	IEE nominal	Por simulação dinâmica em condições nominais nomeadamente, utilizando os perfis, com correção climática	-Classificação energética do edifício
IEE _{ref,exist} (RSECE)	IEE de Anexo I referência limite para edifícios existentes		Verificação simplificada e detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE.

4.5.1.1 Cálculo do IEE_{real, Faturas} e do IEE_{ref,exist}

i Cálculo do IEE_{real,faturas}

O IEE_{real,faturas} resulta da multiplicação dos consumos energéticos anuais obtidos pela análise de faturas, pelos fatores de conversão de energia final em energia primária, seguindo-se a soma destes e a divisão pela área total do edifício.

Tabela 2 – Determinação do $IEE_{real, faturas}$

Fontes de Energia	Consumo Energético Anual [kWh]	Fator de conversão [kgep/kWh]	$IEE_{real, fatura}$ por fonte de energia [kgep/m ² .ano]
Energia Elétrica	5858014	0,29	1.698.823,97
Gás Propano	495 581	0,086	42620

Equação 1 - Cálculo do IEE real de Faturas

$$IEE_{real, fatura} = \frac{IEE_{energia\ elétrica} + IEE_{gás\ propano}}{Área\ Total\ do\ Edifício} = 41,82 \frac{kgep}{m^2.ano}$$

ii Cálculo do $IEE_{ref, exist}$

O Jumbo de Alverca apresenta mais que uma tipologia, como tal o valor do $IEE_{ref, exist}$ foi calculado com base na ponderação das áreas úteis respetivas, a partir dos valores definidos pelo anexo I.

Tabela 3 –Dados para a determinação do $IEE_{ref, exist}$ ponderado

Tipologia	Área [m ²]	$IEE_{ref, Ed. Existentes}$ [kgep/m ² .ano]
1 - Estacionamento 10 a 12 horas/dia (todos os dias)	21413,45	19
2 - Armazéns 9 horas/dia (todos os dias)	7852,68	19
3 – Hipermercado	9748,46	255
4 - Centros Comerciais	723,13	190
5 - Pronto-a-comer	265,76	210
6 - Escritórios	1024,58	40

Equação 2 - Ponderação do IEE de referência existente

$$IEE_{ref, exist} = \frac{IEE_{ref, tipologia1} \times A_{tipologia1} + IEE_{ref, tipologia2} \times A_{tipologia2} + \dots + IEE_{ref, tipologia6} \times A_{tipologia6}}{Área\ Total\ do\ Edifício} = 78,67 \frac{kgep}{m^2.ano}$$

Como o $IEE_{real, faturas}$ é inferior ao $IEE_{referência} = 78,67$ com tal, o edifício não necessita de PRE, uma vez que a primeira condição da Figura 18 é falsa.

4.5.2 RECS

A regulamentação em vigor determina que estão sujeitos a PRE, todos os edifícios existentes com classificação energética inferior a *D*.

Esta define ainda que estão sujeitos a PRE, os edifícios cujo consumo anual de energia seja superior a 5 GWh, o que se verifica no caso de estudo, dado que este apresenta um consumo anual de 5,14 GWh, sendo nestes casos, aplicada uma redução no consumo de energia final de 5%, no prazo máximo de 6 anos.

Todavia, não existe até agora, um despacho que defina as regras para a elaboração de um PRE em conformidade com a regulamentação atual.

4.6 Simulação dinâmica detalhada

O RSECE introduziu a utilização da simulação dinâmica detalhada como método de análise do desempenho energético do edifício que permite avaliar, de uma forma quantitativa, os potenciais consumos de energia do edifício e dos seus sistemas para determinadas condições de utilização e funcionamento dos mesmos.

A simulação permite calcular as necessidades de aquecimento e arrefecimento, bem como os ganhos provenientes de fontes de calor internas ou externas, as perdas pela envolvente e a desagregação dos consumos por utilização ou por tipo de combustível.

4.6.1 Breve descrição do Programa de Simulação Dinâmica

Os programas de simulação dinâmica utilizados no processo de certificação energética têm de ser reconhecidos pela norma ASHRAE 140-2004, Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs, a qual permite o uso do EnergyPlus.

Este programa de simulação dinâmica é utilizado através do seu interface gráfico, Design Builder, que facilita a criação de um modelo em 3D representativo das características reais do edifício.

Para além deste aspeto, o programa permite que se contabilizem no cálculo dos consumos de energia, as trocas de calor entre o ambiente interior e exterior, as eficiências dos

sistemas de climatização e aquecimento de águas sanitárias, bem como os ganhos de calor provenientes da ocupação e da iluminação, ilustrados na Figura 19.

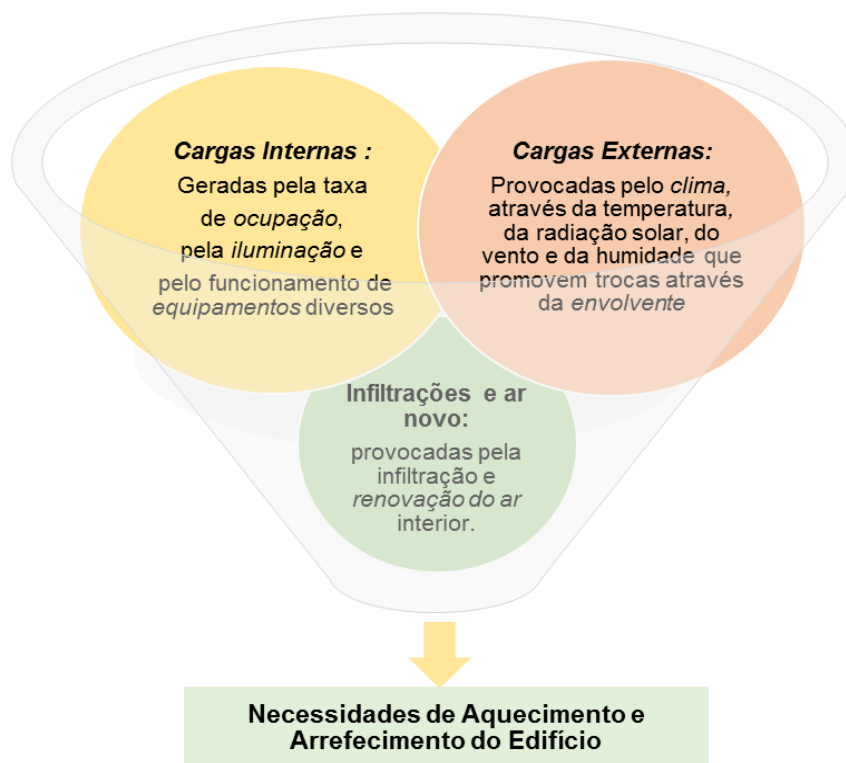


Figura 19 -Fatores que influenciam as necessidades de aquecimento e arrefecimento resultantes da simulação

4.6.2 Auditoria Energética

A auditoria energética é o estudo das condições de utilização de energia que apresenta como resultado o consumo elétrico, obtido a partir do consumo medido pelos contadores e pelo levantamento da iluminação.

Para além de determinar os consumos elétricos, esta contribui para o cálculo da densidade de iluminação, utilizada na simulação dinâmica em condições reais de utilização.

Deste modo, a simulação dinâmica real e a auditoria são demonstradas em simultâneo.

4.6.3 Criação do Modelo

A construção do modelo de simulação teve por base a tela de arquitetura para delimitar os espaços e quantificar o pé-direito (PD) dos mesmos.

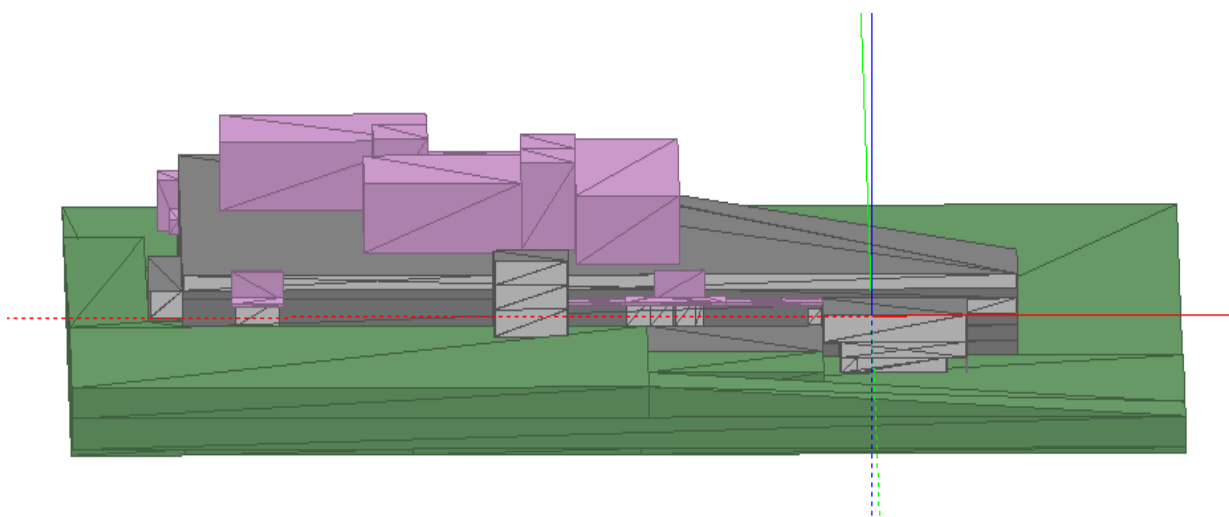


Figura 22 - Fachada Nordeste do Jumbo de Alverca.

4.6.4 Zonamento Climático

As necessidades energéticas são afetadas pelas trocas de calor entre o interior do edifício e o ambiente exterior. Estas são influenciadas por fatores como a temperatura do ar exterior, a distância ao mar, a altitude e os ventos predominantes, os quais estão relacionados com o posicionamento geográfico, existindo uma base de dados climática utilizada no DesignBuilder, disponibilizada pelo LNEG.

4.6.4.1 RSECE

As zonas climáticas segundo o RSECE eram estabelecidas pelo RCCTE, o qual atribuía as zonas climáticas de inverno e de verão por concelho [RCCTE Quadro III.I do Anexo III Zonamento Climático].

Deste modo, o Jumbo de Alverca enquadrava-se na zona climática de inverno I1 e na zona climática de verão V3 Sul, correspondentes ao concelho de Vila Franca de Xira, apresentando os seguintes valores para os Graus-Dias e Necessidades de Arrefecimento:

$$GD_{I1} = 1220 [^{\circ}\text{C.dias}] \text{ e } N_{V3(Sul)} = 32 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$$

4.6.4.2 RECS

Ao contrário do RSECE, o RECS estabelece que o zonamento climático seja calculado por uma expressão, utilizando valores referentes à localidade e à região, NUTS (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos) [Tabela 0.1 Despacho n.º 15793-F/2013 relativo às Zonas Climáticas].

Deste modo, foram determinadas para o Jumbo de Alverca, as zonas climáticas de inverno e verão.

iii Zona climática de inverno

Equação 3 - Cálculo Graus-dia

$$GD = GD_{ref} - \alpha(z - z_{ref}) = 911,2 [^{\circ}C.dias]$$

Tabela 4 - Zona climática de inverno

Critério	Zona Climática
$GD \leq 1300$	I1

i Zona climática de verão

Equação 4 - cálculo da temperatura exterior média dos meses na estação de arrefecimento.

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ref} - \alpha(z - z_{ref}) = 22,64 [^{\circ}C]$$

Tabela 5 - Zona climáticas de verão

Critério	Zona Climática
$\theta_{ext,v}$	V3

4.6.5 Simulação em condições reais de utilização

A simulação em condições reais de utilização (simulação real) não sofreu qualquer alteração com a atualização do regulamento, uma vez que tem como finalidade calcular o consumo de energia em condições reais de funcionamento.

Como tal, foram introduzidos no programa de simulação, os valores aproximados à realidade para as características físicas da envolvente, densidades de iluminação e ocupação, eficiências dos sistemas energéticos de climatização e aquecimentos de água sanitária e perfis de funcionamento.

Perante a inexistência de telas finais de iluminação, AVAC e alçados, foram utilizados os dados obtidos durante a visita, tais como o pé direito de cada partição, dimensões dos vãos envidraçados, espessuras da envolvente opaca, potência de iluminação, eficiências dos equipamentos energéticos e horários de funcionamento da iluminação, climatização e ocupação. Durante a realização do levantamento foram tidos em consideração os elementos mínimos impostos pela simulação dinâmica, ilustrados na Figura 23 [Tabela I.03 da Portaria n.º 349-D/2013].

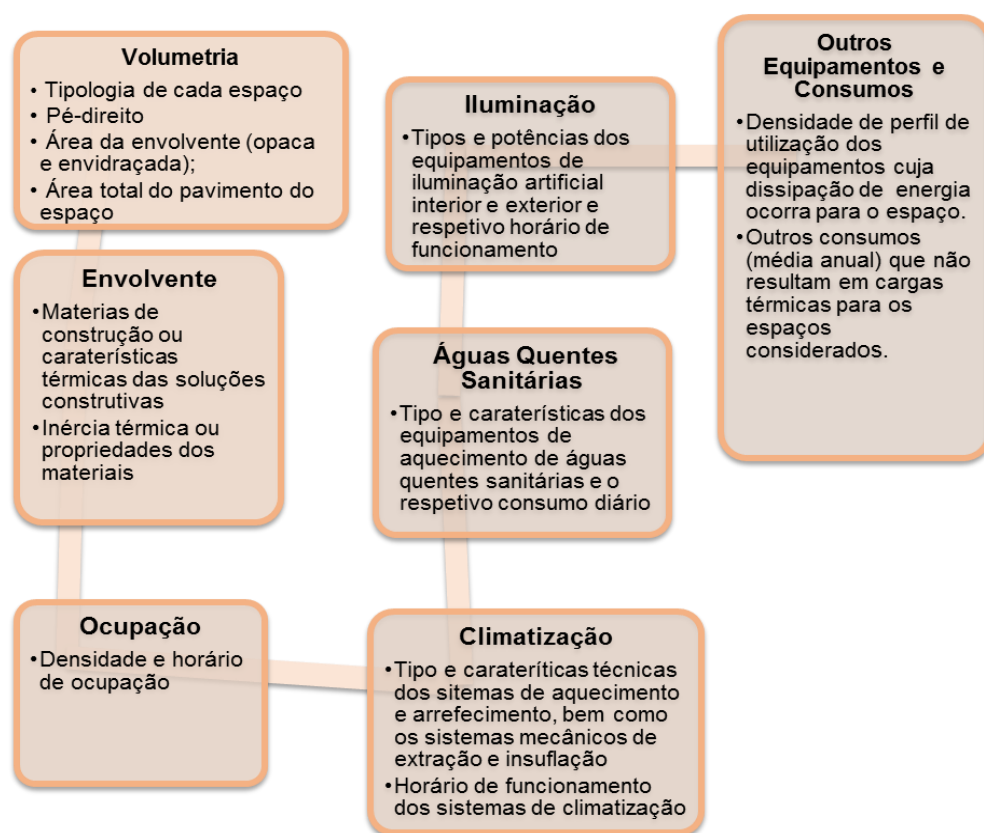


Figura 23 - Requisitos a respeitar para o levantamento de dados

Para além dos requisitos impostos no levantamento, a utilização da simulação dinâmica requer o cumprimento obrigatório de algumas condições sintetizadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Condições a respeitar no uso da simulação dinâmica detalhada

Elemento	Condições a Respeitar no Levantamento
Dados Climáticos	Devem ser utilizados os dados climáticos disponibilizados pela ADENE, entidade gestora do SCE.
Vãos Envidraçados	No caso de existirem dispositivos de sombreamento móvel, deve ser considerada, a utilização desses dispositivos sempre que a radiação incidente na fachada exceda os 300W/m ² .
Zonamento	Deve ser efetuado um zonamento do edifício que permita a caracterização de cada zona térmica do edifício considerando as seguintes características: ocupação, orientação, sistemas instalados entre outros. Cada zona térmica deverá ser simulada de forma autónoma, podendo ser agregados na mesma zona, espaços com características semelhantes.
Perfis	Devem ser considerados, no caso de edifícios existentes, os horários para a ocupação, iluminação e utilização de equipamentos, para cada zona térmica do edifício.
Condições Interiores	Deve ser considerada uma temperatura interior compreendida no intervalo de 20°C a 25°C, inclusive.
Pontes Térmicas	As Pontes Térmicas Lineares (PTL) podem ser consideradas mediante majoração global, em 5% das necessidades de aquecimento do edifício. As Pontes Térmicas Planas (PTP), caso não sejam identificadas e caracterizadas, deverão ser consideradas mediante majoração, em 35%.
Sistemas de Climatização	Devem ser considerados os caudais de ar novo introduzidos nos espaços (tendo em conta a eficácia de ventilação) e suas respetivas características. O sistema deverá ser controlado para ligar e desligar em função das cargas térmicas do edifício e deverá ter um horário de funcionamento igual ao período de ocupação do edifício, podendo o horário diário de arranque e paragem do sistema ser diferente do horário de ocupação, desde que tal permita otimizar a eficiência da instalação. Os horários dos ventiladores de ar novo incluídos no sistema de climatização devem refletir um funcionamento contínuo sempre que os espaços estão ocupados, bem como o funcionamento permanente quando os espaços tenham requisitos de ventilação.

4.6.5.1 Envolvente

Entende-se por envolvente, o conjunto de elementos de construção, incluindo paredes, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados ou opacos que delimitam assim, o edifício do ambiente exterior, dos edifícios adjacentes, dos espaços não úteis e do solo.

A envolvente pode ser classificada como envolvente exterior, quando corresponde a paredes, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados ou opacos, que separam o edifício do ambiente exterior e, envolvente interior quando se trata de paredes, pavimentos,

coberturas e vãos envidraçados que separam a zona térmica em análise, dos edifícios adjacentes, espaços complementares ou não úteis.

Deste modo, a envolvente influencia os cálculos das necessidades energéticas devido às trocas de energia que ocorrem entre diferentes espaços, as quais dependem do coeficiente de transmissão térmica (U).

i Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente opaca

Os materiais que constituem a envolvente opaca não são conhecidos e, por isso, foram adotados os coeficientes de transmissão térmica presentes na Publicação feita pela ADENE, designada Valores por Defeito para aplicação do previsto no n.º11 da Nota Técnica NT SCE-01 relativa ao “Método de Cálculo para Certificação Energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE.”

Sabendo que o edifício foi construído em 1993 e que as espessuras das paredes exteriores e interiores são, respetivamente, 30cm e 20cm, foram introduzidos no Design Builder através de um ficheiro fornecido pela ADENE, os coeficientes de transmissão térmica referentes às paredes posteriores a 1960.

Tabela 7- Coeficiente de Transmissão Térmica das Paredes (U)

Tipo de Parede	U [W/m²°C]
Parede Exterior	1,49
Parede Interior	1,98
Cobertura Plana Horizontal	2,60
Pavimento	2,30

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente foram majorados em 35%, devido à não contabilização das pontes térmicas planas (PTP)

A constituição da envolvente considerada nas simulações em condições reais e nominais de utilização estão presentes no anexo III.



Figura 24 - Medição da parede exterior



Figura 25 - Medição da parede interior

ii Coeficientes de transmissão térmica da envolvente envidraçada

Os elementos da envolvente envidraçada apresentam caixilharia metálica e, na sua maioria, são constituídos por vidros simples, estando presentes nas fachadas orientadas a Nordeste, Noroeste, Sudoeste e Sul.

Os coeficientes de transmissão térmica dos elementos envidraçados foram extraídos de uma publicação do LNEC (Matias, 2006) e introduzidos da mesma forma que os coeficientes de transmissão térmica dos elemento opacos, por via de um ficheiro disponibilizado pela ADENE.

Para além dos coeficientes de transmissão térmica foram extraídos da mesma publicação, os fatores solares necessários para o preenchimento do certificado energético.

Tabela 8 - Coeficiente de transmissão térmica de elementos envidraçados

Tipo de vão	Orientação	Vidro	Caixilharia	Tipo de janela	U [W/m ² .°C]	Proteção Solar	Cor da Proteção	Fator Solar
Vertical	SO	Simples	Metálica	Fixa	6	-	-	0,85
		Duplo			3,9			0,75
	SE	Simples		Fixa	6	Estores de lâminas	Clara	0,45
								0,33
	S	Simples		Fixa	6	Cortinas opacas -	-	0,85
								0,75
	NE	Simples		Fixa	6	Estores de lâminas -	Clara	0,45
								0,75
	NO	Simples		Fixa	6	-	-	0,85
								6,5
								6,2
								0,75

4.6.5.1 Áreas

A utilização do programa de simulação dinâmica implica a introdução do valor da densidade de ocupação e iluminação, devido à influência destas no cálculo dos ganhos internos.

Deste modo, foi necessário determinar a área dos diferentes espaços e agregá-las em tipologias, útil e não útil, uma vez que estas densidades [W/m²] apenas têm influência nos espaços climatizados.

Contudo, os tipos de áreas têm diferentes designações nos dois regulamentos:

i RSECE

- **Área Útil** é o somatório das áreas medidas em planta pelo perímetro interior das paredes, de todos os compartimentos de um edifício ou de uma fração autónoma, incluindo vestíbulos, circulações internas, instalações sanitárias, arrumos interiores à área habitável e outros compartimentos de função similar, incluindo armários nas paredes.

- **Espaço não útil** é o conjunto dos locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto em regra, não são climatizados. Incluem-se nesta caracterização, armazéns, garagens, sótãos e caves não habitados, circulações comuns a outras frações autónomas do mesmo edifício, etc. Consideram-se ainda como espaços não úteis as lojas não climatizadas com porta aberta ao público.

ii RECS

- **Área Total de Pavimento** é o somatório das áreas de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício ou fração, que tenham consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização, sendo a área medida pelo interior dos elementos que delimitam as zonas térmicas do exterior e entre si.

- **Espaço Complementar** é a zona térmica sem ocupação humana permanente atual ou prevista e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente, incluindo cozinhas, lavandarias e centros de armazenamento de dados.

Com base nas telas finais de arquitetura foram calculadas as áreas de todas as partições do edifício. Estas, tal como definido pelas regulamentações, a medição foi feita pelo perímetro interior (linha vermelha), ilustrada na Figura 26.

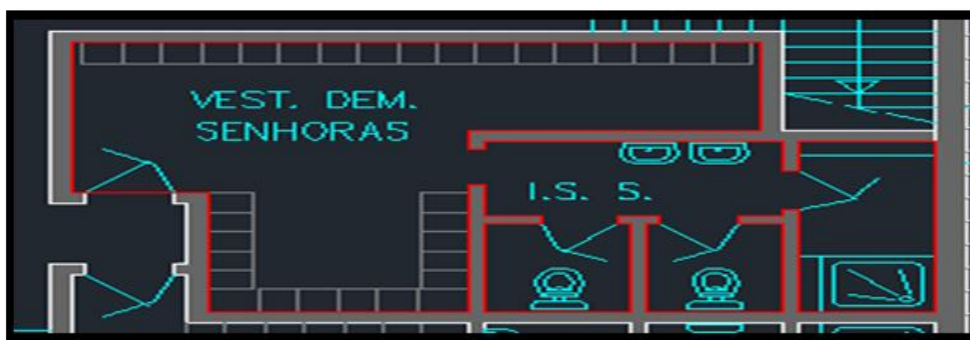


Figura 26 – Medição de uma área em AutoCAD

4.6.5.2 Ocupação

O cálculo da densidade de ocupação implica o conhecimento do número diário de ocupantes, que foi disponibilizado pela administração do Jumbo de Alverca. Este número corresponde ao somatório dos ocupantes permanentes (colaboradores) e dos ocasionais (clientes).

Deste modo, a densidade de ocupação foi obtida pela divisão da área útil ocupada pelo número total de ocupantes. Esta pode ser obtida pela expressão inversa, uma vez que o Design Builder admite as duas hipóteses, $[m^2/\text{ocupante}]$ ou $[\text{ocupante}/m^2]$.

Tabela 9 - Número de Ocupantes

Ocupantes Permanentes	Ocupantes Ocasionais
333	4167

As densidades de ocupação introduzidas no programa de simulação foram 2,58 $[m^2/\text{Ocupante}]$ ou 0,388 $[\text{Ocupante}/m^2]$.

Tabela 10 - Horário de funcionamento do Jumbo de Alverca

Segunda a Sábado	9h00 – 23h00
Domingos e Feriados	9h00 – 22h00
Julho/Agosto (Sábado, Domingo e Feriados)	Abertura 8h30

4.6.5.3 Iluminação

O Jumbo de Alverca tem na sua totalidade 6451 lâmpadas, das quais 2559 encontram-se na área de vendas.

O funcionamento destas implica a dissipação de calor que conduz ao aumento de temperatura do ar interior, resultando numa maior necessidade de arrefecimento.

Deste modo, o consumo energético é influenciado pela densidade de iluminação $[W/m^2]$ que foram determinadas por tipologia e introduzidas no Design Builder.

Tabela 11 - Densidade de iluminação por tipologia

Tipologia	Potência [kW]	Área [m²]	Densidade de iluminação [W/m²]
Hipermercados	142,447	9613,51	14,82
Centro Comercial	14,247	701,32	20,31
Pronto a comer	4,722	235,03	20,09
Escritórios	10,107	940,30	10,75
FORA RSECE	4,236	1394,46	3,04
Armazéns	19	7675,40	2,48
Estacionamento	25,213	21069,58	1,20

Tabela 12 - Horário de funcionamento da iluminação

Espaços	Zonas	Horário
Exterior	Parque de Estacionamento	23h30m às 7h00m
	Galeria	8h00m às 22h30m
	Área de Vendas	8h00m às 23h00m
	Lojas	10h00m às 23h00m
Interior	Escritório	8h00m às 18h00
	Armazéns	8h00 às 22h30

A iluminação da galeria tem uma percentagem de 15% permanentemente ligada.

4.6.5.4 Sistema de climatização

O sistema de climatização proporciona aquecimento, ventilação e ar condicionado e funciona das 8h00 até às 22h00.

O sistema de arrefecimento consiste num Chiller Carrier modelo 30GX 298, que abastece o Jumbo e a maioria das lojas no centro comercial. Por sua vez, o sistema de aquecimento é assegurado por resistências elétricas localizadas nas UTAs, as quais aquecem o do ar distribuído pelas diferentes áreas do Jumbo.

Para além, destes equipamentos de climatização, existem ainda unidades de expansão direta, do tipo split, que permitem aquecimento e arrefecimento, ou somente arrefecimento, no caso do espaço destinado às UPS (Uninterruptible Power Supply)

As lojas abastecidas pelo Jumbo que usufruem do arrefecimento proveniente do chiller têm splits para fornecimento de calor.



Figura 27 - Chiller



Figura 28 - Slipt

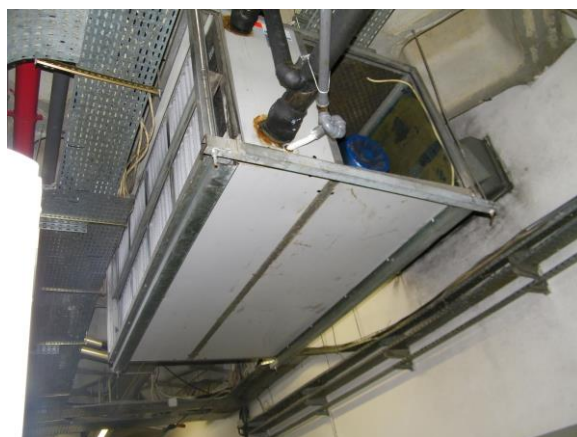


Figura 29 – UTA

Tabela 13 - Caracterização dos Equipamentos de Climatização existentes no Jumbo de Alverca

Equipamento	Unidades	Local	Marca	COP	EER
Chiller	1	Cobertura	Carrier	-	2,76
UTAs	16	Área de Venda	Italclima	-	-
UTAs	3	BOX	Ciat	-	-
UTA	1	Escritório	Carrier	-	-
VC	Várias	Escritório	Carrier	-	-
Split	1	Sala de Segurança	Daikin	3,64	3,60
Split	1	Sala de Segurança	Mitsubishi	-	2,76
Split	1	UPS	Mitsubishi	-	3,07
Split	1	UPS	Carrier	-	-
Split	1	Saúde e Bem-Estar	Mitsubishi	2,99	2,87
Split	1	Posto Médico	Mitsubishi	4,7	4,8

O COP, coeficiente de performance, e o EER, relação de eficiência energética, quantificam a eficiência energética dos equipamentos de ar condicionado, quando este se encontra a operar no regime de aquecimento e arrefecimento, respetivamente. Estes dados são utilizados nas simulações tanto para o RSECE como para o RECS.

4.6.5.5 Águas Quentes Sanitárias

Como o aquecimento das águas sanitárias implica consumo energético de gás propano, o seu consumo diário é contabilizado pela simulação dinâmica.

O sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias é constituído por uma caldeira (Figura 30) que queima gás propano e um depósito com capacidade para 3000 litros (Figura 31)

Para além, do consumo diário, é contabilizada a eficiência energética da caldeira, $\eta_{\text{caldeira}} = 66\%$. Este valor consta no Quadro XII- Valores de referência da eficiência dos equipamentos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias da Nota Técnica NT-SCE-01.

Tabela 14 - Zonas de Consumo de Águas Quentes Sanitárias

Zona de Consumo	Área [m²]
Padaria	180,75
Balneários	240,27
Refeitório	188,45
Restaurante	244,83
Vestiários	53,88
Casas de Banho com Chuveiros	59,14

Equação 5 - Cálculo do consumo diário de águas quentes sanitárias

$$\text{Consumo de águas quentes sanitárias} = \frac{\text{capacidade do depósito}}{\text{Área total das zonas de consumo de AQS}} = 3,10 \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$$



Figura 30 - Caldeira a gás propano, queimador e vaso de suspensão

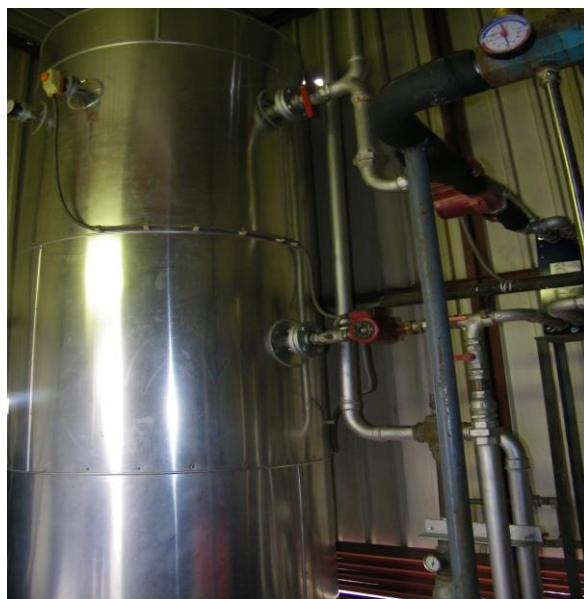


Figura 31 - Depósito de águas quentes sanitárias com capacidade de 3000L

4.6.5.6 Consumo elétrico

No quadro elétrico geral e no quadro de AVAC existem contadores de consumo (

Figura 32) que contabilizam respetivamente o consumo elétrico global e de AVAC, representados na Tabela 15 e na Tabela 16.



Figura 32 - Contadores de consumo elétrico

Tabela 15 - Consumo mensal e anual de aquecimento, ventilação e ar condicionado

Mês	Consumo [MWh]
Janeiro	94,69
Fevereiro	103,21
Março	94,75
Abril	53,79
Maio	55,72
Junho	82,77
Julho	106,79
Agosto	122,91
Setembro	115,47
Outubro	69,52
Novembro	27,44
Dezembro	125,68
Anual	1052,76

Tabela 16 - Consumo elétrico total mensal e anual

Mês	Consumo MWh]
Janeiro	434,65
Fevereiro	400,46
Março	429,84
Abril	382,08
Maio	384,35
Junho	423,21
Julho	483,25
Agosto	502,82
Setembro	481,05
Outubro	435,49
Novembro	344,28
Dezembro	447,08
Anual	5148,55

Na eventualidade de não existir este tipo de contador é utilizado o analisador trifásico de redes, o qual regista a corrente e a tensão, realizando o cálculo interno da potência e da energia consumida.



Figura 33 - Analisador trifásico de redes

4.6.5.7 Validação

O RSECE estabelece que na utilização da simulação dinâmica sejam calibradas as variáveis e os parâmetros do modelo de simulação, conduzindo a um resultado final, em termos de consumos anuais simulados com um desvio máximo de 10% em relação ao consumo médio anual da faturas.

Pode verificar-se que a diferença entre o consumo de energia anual, por fonte de energia, que resulta da simulação real e da análise de faturas, foi inferior a 10% (Tabela 17).

Tabela 17 - Validação dos resultados da simulação por comparação com os consumos energéticos anuais das faturas

	Facturas energéticas [kWh]	Simulação dinâmica [kWh]	Desvio %
Total Eletricidade	5 858 013,68	5 473 254	6,57%
Total Gás	495 580,8	487 809	1,57%

Para além destes, foram ajustados os consumos de energéticos elétricos por comparação com os consumos de auditoria energética, representados na Tabela 18.

Tabela 18 - Validação dos resultados da simulação por comparação com os consumos energéticos da auditoria energética

Desagregação	Auditoria energética [MWh]	Simulação dinâmica [MWh]	Desvio %
Equipamentos	2988,13	3138,03	4,78%
Iluminação	1107,66	1179,31	6,07%
AVAC	1052,76	1153,27	8,72%
Total	5148,55	5470,61	5,89%

4.6.6 Simulação em condições nominais de utilização

O RSECE estabelece que os requisitos energéticos sejam calculados na base de padrões nominais de utilização dos edifícios. Estes padrões nominais são as condições interiores de referência (temperatura e humidade) e os parâmetros definidos para diferentes tipologias de edifício no Anexo XV do RSECE, representados na Tabela 19.

Assim, foi obtido desta simulação, o consumo energético nominal, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício sob condições típicas convencionadas, quer em termos de clima quer em termos de padrões nominais de utilização (horário de funcionamento, densidade de ocupação, taxa de renovação do ar, entre outros). Estes consumos energéticos nominais são utilizados para calcular o IEE_{nom} e, assim determinar a classe energética do edifício.

4.6.6.1 Preenchimento dos padrões nominais: perfis e densidade de ocupação, iluminação e equipamentos

Tabela 19 – Padrões nominais

Tipologia	Ocupação	Equipamentos
Hipermercados	-Densidade: 5m2/ocupante	Densidade de Equipamentos: 13W/m2 Densidade de Sistemas de Frio: 6 W/m2 Horas de funcionamento de Sistemas de frio: 6280
Centros Comerciais	-Densidade: 5m2/ocupante	Densidade de Equipamentos: 5W/m2
Pronto-a-Comer	-Densidade: 5m2/ocupante	Densidade de Equipamentos: 30 W/m2
Escritório	-Densidade: 5m2/ocupante	Densidade de Equipamentos: 15W/m2
Armazéns	-	-Densidade de Equipamento: 5 W/m2 -Densidade de ventilação: 8 W/m2 -Horas de funcionamento de Equipamento e da Ventilação:
Estacionamento	-	Densidade Equipamento: 2 W/m2 Densidade de Ventilação: 8 W/m2

Os dados da Tabela 19 foram extraídos do Anexo XV do DL 79/2006, bem como os perfis de ocupação e de iluminação.

4.6.6.2 Cálculo do caudal de ar novo

O caudal de ar novo é o caudal nominal, tendo em consideração a densidade nominal de ocupação dos espaços, afetado pela eficiência de ventilação (80%), e considerando o acréscimo de 50% de materiais não ecologicamente limpos.

O caudal de ar novo pode ser introduzido o Design Builder por área ou por ocupante (Equação 6) e (Equação 7).

Equação 6 - Cálculo do caudal de ar novo por área

$$\text{Caudal de ar novo por área } \left[\frac{l}{s.m^2} \right] = \frac{\text{Caudal mínimo por atividade} \times \text{materiais não limpos}}{\text{Área} \times \text{eficiência de ventilação}}$$

Equação 7 - Cálculo do caudal de ar novo por ocupante

$$\text{Caudal de ar novo por ocupante } \left[\frac{l}{s.ocupante} \right] = \frac{\text{Caudal mínimo por atividade} \times \text{materiais não limpos}}{\text{ocupação nominal} \times \text{eficiência de ventilação}}$$

Tabela 20 - Valores necessários ao cálculo do caudal de ar novo por tipologia

Atividade	Área [m ²]	Ocupação nominal	Caudal mínimo por Atividade [m ³ /h]	Caudal de ar novo por Ocupante [l/s.ocupante]	Caudal de ar novo por Área [l/s.m ²]
Salas de espera	37,33	3	30	15,63	1,26
Lojas de comércio	794,07	20	0	103,39	2,60
Vestiários	335,84	68	0	25,72	5,21
Supermercados	6917,68	1384	30	15,63	3,13
Salas de refeições	265,76	54	35	18,23	3,70
Corredores/átrios hipermercado	1504,21	301	0	13,01	2,60
Corredores/átrios escritórios	133,30	9	0	38,57	2,60
Gabinetes	668,11	45	35	38,66	2,60
Consultórios médicos	34,15	3	35	18,23	1,60
Salas de receção	165,96	34	30	38,13	7,81
Salas de computador	80,49	6	30	15,63	1,16

Os valores dos caudais mínimos por atividade são os da tabela de caudais mínimos de ar novo presentes no Anexo VI do DL 79/2006.

4.6.6.3 Resultados da simulação em condições nominais de utilização

Após introduzir os perfis horários, as densidades nominais de ocupação, iluminação e de equipamentos e os caudais de ar novo, realizou-se uma nova simulação em condições nominais, cujos consumos anuais de energia se encontram representados na Tabela 21.

Tabela 21 - Consumos energéticos nominais

Dados de simulação	Consumo [MWh/ano]	Consumo [tep/ano]
Iluminação	1095,95	317,83
Equipamentos	2292,96	664,96
Aquecimento	490,35	142,20
Arrefecimento	203,37	58,98
DHW (Gás)	145,42	12,51
Bombas e ventiladores	768,36	222,82
Iluminação exterior	17,01	4,93

O consumo energético de aquecimento foi majorado em 5% devido à existência de PTP e afetado pelo fator de correção de inverno (Equação 9). Da mesma forma, o consumo energético de arrefecimento foi afetado pelo fator de correção de verão (Equação 10).

i Cálculo dos fatores de correção

Os fatores de correção são determinados por comparação à zona climática de inverno I1 (GD=1000) e à zona climática de verão V1 (Norte).

- Fator de correção de inverno (FCI)

O cálculo de correção de inverno é obtido pela relação entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento calculadas na Equação 8.

O cálculo das necessidades de aquecimento corresponde à condição em que o factor forma é inferior a 0,5.

Equação 8 - Cálculo das necessidades de aquecimento

$$\begin{cases} Ni_{I1} = 4,5 + 0,0395 \times GD_{\text{zona climática de referência}} \\ Ni_{I1} = 4,5 + 0,0395 \times GD_{\text{zona climática do edifício}} \end{cases}$$

Equação 9 - Cálculo do factor de correção de inverno

$$FCI = \frac{Ni}{Ni_{I1}} = 0,84$$

- Fator de correção de verão (FCV)

O fator de correção de verão é obtido pela relação entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento que correspondem ao melhor caso possível e ao caso real.

Neste caso, foi adotado o melhor caso possível $Nv_{V1(N)}$, correspondendo às necessidades nominais de energia útil para arrefecimento de um edifício que esteja na zona climática $V1(N)$.

Sendo o caso real $Nv_{V3(S)}$, correspondendo às necessidades nominais de energia útil para arrefecimento de um edifício que a zona climática seja $V3(S)$.

Equação 10 - Cálculo do factor de correção de verão

$$FCV = \frac{Nv_{V1(N)}}{Nv_{V3(S)}} = 0,5$$

4.6.6.4 Classificação energética

A classe energética resulta da ponderação dos IEE_{nom} por tipologias, os quais foram obtidos pela ponderação das somas dos consumos energéticos de iluminação, de aquecimento, de arrefecimento, de ventilação, de águas quentes sanitárias e de equipamentos referentes a cada tipo de espaço,

Equação 11 - Cálculo do IEE_{nom} por tipologia

$$IEE_{nominal \text{ por tipologia}} = \frac{\text{Consumo energético ilu.} + \text{Consumo energético aq.} + \text{Consumo energético ar.} + \text{Consumo energético ven.} + \text{Consumo energético DHW} + \text{Consumo energético equipamentos}}{\text{Área tipologia}} = \frac{\text{kg ep}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}}$$

Tabela 22 - IEE_{nom} por tipologia

Tipologia	Área [m ²]	IEE_{nom}
Estacionamento 10 a 12 horas/dia (todos os dias)	21413,45	13,47
Armazéns 9 horas/dia (todos os dias)	7852,68	15,17
Hipermercado	9748,455	83,87
Centros Comerciais	723,127	76,84
Pronto-a-comer	265,757	122,35
Escritórios	1024,58	51,14

Após o cálculo do consumo energético de cada tipologia, foi calculado o IEE_{nom} ponderado.

Equação 12 - Cálculo do IEE_{nom} ponderado

$$IEE_{nominal \text{ ponderado}} = \frac{IEE_{nom,tipologia1} \times A_{tipologia1} + IEE_{nom,tipologia2} \times A_{tipologia2} + \dots + IEE_{nom,tipologia6} \times A_{tipologia6}}{\text{Área Total do Edifício}} = 33,28 \frac{\text{kg ep}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}}$$

Deste modo, o IEE_{nom} ponderado correspondeu à classe energética A, como se pode ver na tabela de classificação energética que se segue.

Tabela 23 - Classes energéticas segundo RSECE

Classe Energética	Valor do limite inferior
A	33,33

4.6.7 Simulação do edifício de referência

Na simulação de referência calcula-se o consumo de energia considerando os caudais de ar novo obtidos pelo método prescritivo, os coeficientes de transmissão térmica de referência da envolvente e os padrões mínimos de eficiência energética de iluminação e dos sistemas de climatização e de preparação de água quente sanitária. [tabela I.07 Portaria n.º349-D/2013]

4.6.7.1 Envolvente de referência

O caso de estudo está localizado em Portugal Continental e, pertence à zona climática de inverno I1, calculada no Zonamento Climático página 34, deste modo os coeficientes de transmissão térmica de referência dos elementos opacos verticais e horizontais da envolvente, tanto exteriores como interiores encontram-se descritos na Tabela 24.

Tabela 24 - Coeficientes de transmissão térmica da envolvente de referência

Zona Corrente da Envolvente	I1
Elementos Opacos Verticais Exteriores e Interiores	0,7
Elementos Opacos Horizontais Exteriores ou Interiores	0,5
Vãos Envidraçados Exteriores (Portas e Janelas)	4,3

4.6.7.2 Padrões mínimos de eficiência energética

i Eficiência energética de referência do equipamento de águas quentes sanitárias

O aquecimento de águas sanitárias é realizado por uma caldeira a gás propano. O padrão mínimo de eficiência energética para um sistema deste tipo, equivale à classe B e a um valor $\eta=86\%$, adotando o pior caso possível.

Tabela 25 - Classe de eficiência energética de caldeiras

Classe de Eficiência Energética	Rendimento nominal [η]
B	$86\% < \eta \leq 89\%$

ii Padrões mínimos de eficiência energética do equipamento de AVAC

- Chiller

O arrefecimento do edifício é efetuado através de um Chiller que tem como padrão mínimo de eficiência energética, a classe C. Deste modo, foi introduzido no DesignBuilder, o valor de EER referente a esta classe, neste caso 2,7.

Tabela 26 - Eficiências de Referência de Unidades tipo Chiller Bomba e Calor de Compressão

Classe energética	Arrefecimento
C	$2,7 \leq \text{EER} < 2,9$

- Unidades splits

No Jumbo de Alverca existem unidades do tipo split para arrefecimento e aquecimento ou apenas arrefecimento das zonas com necessidades térmicas diferentes da zona comercial.

Estas unidades do tipo split têm como padrão mínimo de eficiência energética, a classe C, a mesma aplicada ao chiller.

Deste modo, foram introduzidos no Design Builder, os valores referentes à classe energética definida, $\text{EER}=2,7$ e $\text{COP}=2,8$.

Tabela 27 - Eficiências Energéticas de Referência para unidades Split, multissplit e compactas com permutas ar-ar

Classe energética	Arrefecimento	Aquecimento
C	$2,7 \leq \text{EER} < 2,9$	$2,80 \leq \text{COP} < 3,00$

i Sistema de iluminação

As densidades de iluminação introduzidas no Design Builder correspondem aos valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) [Tabela I.28 da Portaria 349-D/2013].

Para além destas, foram introduzidos os valores de iluminância por tipologia definidos pela EN 15193.

4.6.7.3 Caudais de ar novo

A determinação dos caudais de ar novo tem como função garantir a diluição da carga poluente derivada do número de ocupantes e do tipo de atividade física (atividade metabólica) desenvolvida nesse espaço, neste caso sedentária a).

Tabela 28 - Caudal de referência de ar novo

Atividade	Tipo de Espaço	Caudal de Ar Novo [m³/ (hora.ocupante)]
Sedentária a)	3	24

Os valores padrão de caudal de ar novo da Tabela 28 são calculados em regime permanente e com uma ocupação do espaço constituída por adultos, com uma corpulência média correspondente ao percentil 50 (70kg de peso e 1,70m de altura para a qual a área de superfície exterior do corpo é de 1,81m²).

Equação 13 - cálculo de ar novo por ocupante

$$\text{caudal de ar novo por ocupante} \left[\frac{l}{\text{ocupante}} \right] = \frac{n.^{\circ} \text{ ocupantes} \cdot \text{caudal de ar novo} \left[\frac{m^3}{\text{hora}} \cdot \text{ocupante} \right]}{\text{Eficiência de ventilação} \cdot n.^{\circ} \text{ de ocupantes}}$$

Tabela 29 - determinação do caudal de ar novo de referência

Tipo de Atividade	Área Ocupada [m²]	PD_m [m]	N.º Ocupantes	Caudal Ar Novo [m³/hora.o cupante]	QAN [m³/h]	Eficiência do Ventilador	Caudal Ar Novo [l/s] por ocupante	Caudal Ar Novo [l/s] por Área Ocupada
Sedentária a)	11490,16	4,34	4500	24	108000	0,8	8,33	3,26

A eficiência energética do sistema mecânico de ventilação é definida pela Tabela I.07 presente na Portaria n.º349-D/2013.

4.6.7.4 Consumos energéticos da simulação de referência

Tabela 30 - Consumos energéticos anuais do tipo S resultantes da simulação de referência

Usos	[MWh]
Aquecimento Elétrico	44,29
Arrefecimento	706,62
Ventilação	189,44
Bombas de circulação	178,05
Aquecimento de Águas Sanitárias e de Piscinas	82,88
Iluminação Interior	1236,00
Total	2437,33

Os **consumos do tipo S** são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício.

Tabela 31 - Consumos energéticos anuais do tipo T resultantes da simulação de referência

Usos	[MWh]
Equipamento de frio	3138,03
Iluminação Exterior	574,88
Todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEEs	388,29
Total	3532,07

Os **consumos do tipo T** não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício.

4.6.7.5 Classificação energética

Segundo o RECS, a classificação energética é atribuída pelo rácio de eficiência energética, representado na Equação 14.

Essa depende apenas dos consumos do tipo S obtidos pelas simulações real e de referência.

Como o edifício não é dotado de qualquer fonte de energia renovável, IEE_{ren} tem valor nulo.

Equação 14 – Cálculo do rácio de indicador energético

$$RIEE = \frac{IEE_{real,S} - IEE_{ren}}{IEE_{ref,S}}$$

Tabela 32 - Consumos energéticos reais do tipo S

Usos	kWh	kWh _{EP}	kWh _{EP} /m ²
Aquecimento Elétrico	117390	293476	7,05
Arrefecimento	641061	1602653	38,48
Ventilação	225730	564325	13,55
Bombas de circulação	174677	436692	10,49
Aquecimento de Águas Sanitárias e de Piscinas	99515	99515	2,39
Iluminação Interior	1173558	2933895	70,45
IEE_{real}			142,41

O IEE_{real,S} é determinado pelo somatório dos consumos energéticos [kWh] convertidos em energia primária [kWh_{EP}] através dos fatores presentes na Tabela 33, o qual é dividido posteriormente pela área útil de pavimento. [Despacho (extrato) nº 15793-D/2013]

Tabela 33 - Fatores de conversão entre energia final e energia primária

Eletricidade	2,5
	kWh _{EP} /kWh
Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis	1

Tabela 34 - Consumos energéticos de referência do tipo S

Usos	kWh	kWh _{EP}	kWh _{EP} /m ²
Aquecimento Elétrico	44299	110748	2,66
Arrefecimento	706623	1766556	42,42
Ventilação	189444,3	473611	11,37
Bombas	178052	445130	10,69
Aquecimento de Águas Sanitárias e de Piscinas	82882	82882	1,99
Iluminação Interior	1236034	3090085	74,20
IEE_{ref,S}			143,33

O $IEE_{ref,S}$ é obtido pelo mesmo método de cálculo que o $IEE_{real,S}$.

Tabela 35 - Índices de Eficiência Energética

$IEE_{real,S}$	142,41	kWh _{EP} /m ² .ano
IEE_{ren}	0	kWh _{EP} /m ² .ano
$IEE_{ref,S}$	143,33	kWh _{EP} /m ² .ano
$RIEE$	0,99	

O valor do $RIEE$ obtido pela Equação 14 corresponde à seguinte classe energética [tabela 01 presente no despacho (extrato) nº15793-J/2013]

Tabela 36 - Classe Energética

B-	$0,76 \leq RIEE \leq 1,00$
-----------	----------------------------

5. Comparação entre o RSECE e o RECS

Após a aplicação dos regulamentos, RSECE e RECS foi elaborada uma comparação entre ambos e apontadas as principais diferenças.

5.1 Âmbito de aplicação

O âmbito de aplicação do RECS é muito semelhante ao do RSECE, acrescentando a este, os edifícios que sejam propriedade de entidade pública com área interior útil de pavimento superior a 250m², que sejam ocupadas por esta e frequentemente visitadas pelo público. [DL 79/2006 Artigo 2.º e Artigo 27 e DL118/2013 Artigo 3.º b)]

O RECS apresenta um âmbito negativo muito idêntico ao do RSECE, não se aplicando ainda aos edifícios de habitação, aos devolutos até à sua venda ou locação e aos edifícios em ruínas. [DL118/2013 Artigo 4.º e Artigo 33.º]

5.1 Qualidade do ar interior

Segundo a regulamentação em vigor, as auditorias de qualidade do ar exigidas pelo RSECE são eliminadas. Contudo, mantém-se a necessidade de controlo das fontes de poluição e a adoção de medidas preventivas, cumprindo os requisitos legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública [Introdução do DL 118/2013].

Além da eliminação das auditorias, a qualidade do ar interior não faz parte do procedimento da certificação energética. [DL118/2013 Artigo 13.º ponto 3 a] [RECS Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013]

5.2 Funções

O RECS elimina a existência do TRF, o qual era responsável pelo bom funcionamento dos sistemas energéticos de climatização, incluindo a sua manutenção e pela qualidade do ar interior, bem como pela gestão da respetiva informação técnica. Essa função passa a ser desempenhada pelo TIM, técnico de instalação e manutenção [RSECE Artigo 21.º e 22.º].

5.3 Plano de manutenção

Perante a atualização dos regulamentos, foram suprimidas do plano de manutenção (PM), a descrição e a caracterização sumária da área climatizada total e da potência térmica total, bem como o registo de análises periódicas da QAI e as inspeções periódicas de AVAC

Contudo, o RECS estabelece que o PM deve conter a descrição e a caracterização sumária dos horários habituais de utilização das zonas com utilizadores permanentes.

5.4 Simulação dinâmica detalhada

Segundo o RSECE eram simulados dois modelos em condições de utilizações distintas, reais ou nominais, respetivamente a simulação real e nominal. No RECS mantém-se a primeira e a segunda foi eliminada.

A simulação em condições nominais de utilização deu lugar à simulação do edifício de referência, onde se calculam os consumos energéticos com base em padrões mínimos de eficiência energética, aplicados à iluminação e aos sistemas técnicos, de climatização e de aquecimento de águas sanitárias.

A simulação do edifício de referência estabelece ainda diferentes coeficientes de transmissão térmica, bem como novas metodologias de cálculo para o caudal mínimo de ar novo e para o zonamento climático.

5.5 Classificação energética

A metodologia utilizada na classificação energética é diferente entre os regulamentos, o RSECE atribuía a classe energética considerando somente o indicador de eficiência energética nominal, enquanto o RECS atribui a classe energética através do indicador de eficiência energética dos consumos regulados com base nas condições reais de funcionamento, comparativamente ao mesmo indicador para um edifício de referência. A parcela da energia utilizada no edifício com base em fontes de energia renováveis é descontada do primeiro indicador, tendo por isso uma influência positiva na classificação energética atribuída.

5.6 Certificado energético

O certificado energético segundo o RECS não contém qualquer informação sobre a QAI e na sua primeira página passam a constar a identificação postal, predial e fiscal, bem como a área interior útil de pavimento.

Este certificado inclui agora outras informações, como os consumos estimados por fonte de energia e por tipologia, o resumo dos indicadores de eficiência energética, os dados climáticos, a área total de pavimento e o fator solar dos vãos envidraçados.

6. Medidas de melhoria

O Jumbo de Alverca apresenta um elevado consumo elétrico anual de 5,14 GWh, encontrando-se assim, segundo a regulamentação em vigor, sujeito à aplicação de PRE.

Deste modo, foram elaboradas medidas de melhoria com o intuito de reduzir o consumo energético e, assim melhorar a classificação energética.

As medidas de melhoria foram elaboradas com base na desagregação dos consumos elétricos, por três parcelas: equipamentos, iluminação e AVAC, dos quais o primeiro apresenta a maior proporção, ilustrado na Figura 34).

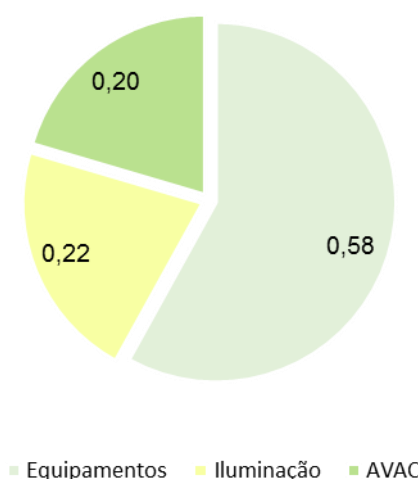


Figura 34 - Desagregação de consumos elétricos

No entanto, por se tratar de um hipermercado, não foram apresentadas medidas de melhoria para os equipamentos, tendo em conta que a substituição destes por mais eficientes, implicaria um enorme investimento, tornando-se economicamente inviável.

Assim, as medidas de melhoria foram direcionadas para a iluminação, para a produção de energia elétrica e aquecimento de águas sanitárias com recurso a fontes de energia renováveis.

6.1 Iluminação

A iluminação do Jumbo de Alverca encontra-se ligada, em média, 5089 horas por ano, o que representa um gasto anual energético de 1,10 GWh.

A iluminação é assegurada maioritariamente por lâmpadas do tipo T8 com potência elétrica de 18W, 36W e 58W, contudo devido à preocupação de reduzir o consumo energético, estas estão a ser substituídas gradualmente por T8 Eco, de 16W, 32W e 51W.

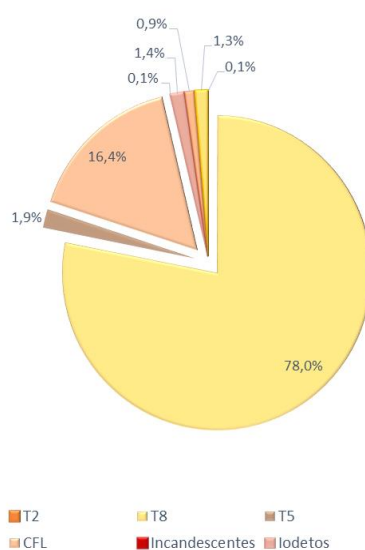


Figura 35 - Percentagem de tipo de lâmpada

Tendo em conta as características do edifício e a sua aplicação foram elaboradas as seguintes medidas de melhoria referentes à iluminação.

6.1.1 Iluminação Eco

Esta medida de melhoria consiste na substituição das lâmpadas do tipo T8 por T8 Eco, diminuindo deste modo, a potência instalada, com vista a reduzir o consumo de energia e consequentemente o valor da fatura energética.

As lâmpadas T8 Eco apresentam a mesma dimensão que as lâmpadas T8 não implicando a alteração das luminárias existentes.

Deste modo, o investimento total desta medida foi calculado pela multiplicação da quantidade de lâmpadas T8 de potência de 18W, 36W e 58W pelo preço das lâmpadas T8 Eco de 16W, 32W e 51W, respetivamente.

Tabela 37 - Quantidade e Investimento necessário para a Instalação de Iluminação Eco

T8 Eco	Quantidade	Preço [€/uni]	Investimento Total [€]
16 W	1080	7,97	38 513,77
32 W	2772	8,3	
51 W	709	9,73	

Tabela 38 - Dados resultantes do dimensionamento de iluminação Tarifa

Tarifa de energia elétrica	0,08 €/kWh
Poupança de consumo	70 853 kWh
Poupança monetária	5668,24 €
Investimento total	38 513,77 €
PRS	6,72 anos

Segundo o despacho n.º 15793-L/2013, as medidas de melhoria energética devem apresentar um PRS, igual ou inferior a 8 anos, Equação 15.

Equação 15 - Cálculo do período de retorno simples

$$PRS = \frac{C}{P}$$

Sendo C, o valor dos custos de investimento e P, o valor da poupança anual resultante da aplicação da medida de melhoria.

Como tal, o investimento total foi dividido pela poupança de consumo, obtida pela multiplicação da diferença dos consumos elétricos da iluminação atual e da iluminação eco pela tarifa de energia elétrica, resultando num PRS de aproximadamente 7 anos.

A tarifa de energia elétrica foi obtida com pela ponderação das tarifas aplicadas aos horários de ponta, de cheia, de vazio e de super vazio.

6.1.2 Iluminação LED

Esta medida de melhoria consiste na instalação de lâmpadas do tipo LED, as quais apresentam menor consumo de energia e maior durabilidade que as lâmpadas T8.

Como tal, propõe-se a alteração de lâmpadas T8 de potência 18 W, 36 W e 58 W por lâmpadas LED de potência 10W, 19W e 25W, respetivamente. Estas lâmpadas LED foram escolhidas com base na dimensão das lâmpadas T8.

Tabela 39 - Quantidade e Investimento necessário para a instalação de Lâmpadas LED

	Quantidade	Preço [€/uni]	Investimento Total [€]
LED 10 W	1080	44,84	
LED 19W	3523	66,73	362 587,31
LED 10 W	1080	44,84	

Deste modo, foi calculado o PRS, o qual correspondeu a aproximadamente 11 anos.

Tabela 40 - Dados resultantes do dimensionamento de iluminação

Tarifa de energia elétrica	0,08 €/kWh
Poupança de consumo	396 498 kWh
Poupança monetária	31 719,84 €
Investimento total	362 587,31 €
PRS	11,30 anos

Comparativamente com a medida de melhoria anterior, a iluminação do tipo LED permite uma maior poupança de consumo elétrico, porém apresenta um PRS superior.

Todavia, as lâmpadas LED apresentam uma durabilidade de 40 000h superior à durabilidade de 12 000h das lâmpadas T8 Eco.

Deste modo, considerando o horário de funcionamento da iluminação, as T8 eco durariam em média 2 anos, implicando duas substituição durante o seu PRS.

Embora as Lâmpadas LED também apresentem uma durabilidade inferior ao seu PRS, funcionando cerca de 8 anos dos 11 necessários para compensar o investimento, esta medida tem mais influência no melhoramento da classe energética.

6.2 Aquecimento de águas sanitárias

A medida de melhoria foi elaborada com vista a diminuir a valorização associada ao consumo de gás, uma vez que o aquecimento de águas sanitárias representa 20% do consumo anual de gás propano, sendo o restante utilizado para o funcionamento dos fornos instalados na padaria.

Deste modo, sugere-se a instalação de coletores solares na cobertura do edifício para aquecimento das águas sanitárias, contudo através de uma simulação indicativa do seu funcionamento conclui-se que estes poderão suprir apenas 63% das necessidades, sendo necessário manter a caldeira existente como equipamento auxiliar.

Como tal, foi dimensionado um sistema solar térmico através do software Solarterm, disponibilizado pelo LNEG, o qual permite pela simulação numérica de balanços energéticos ao longo de um ano de referência, e especialmente concebido para as condições climáticas e técnicas de Portugal, calcular o desempenho do sistema.

Tabela 41 - Dimensionamento Sistema Solar de Aquecimento de Águas Sanitárias

Componentes	Quantidade	Preço [€]	Investimento [€]
Coletor solar FKT 2W	20	850	26 560
Controlador B-Sol 100	1	190	
Grupo hidráulico AGS 20	1	600	
Kit estruturas para 10	2	1885	
Conjunto de ligações hidráulicas	20	50	
Instalação	-	4000	

Tabela 42 - Dados resultantes do dimensionamento do sistema de coletores solares

Energia produzida anualmente	62 867 kWh
Tarifa gás propano	1,03€/kWh
Poupança do consumo [kg]	4762,65 kg
Poupança monetária anual	4894,12 €
PRS	5,43 anos

A tarifa utilizada dos cálculos foi obtida pela média das tarifas mensais aplicadas ao gás propano.



Figura 36 - Coletor solar Vulcano FKT 2W



Figura 37 - Grupo hidráulico AGS 20



Figura 38 - Controlador B-Sol 100

O PRS resultou em aproximadamente 5 anos, tornando a medida viável perante a durabilidade mínima de 20 anos dos painéis.

6.3 Sistema fotovoltaico

Esta medida de melhoria consiste na colocação de painéis fotovoltaicos na cobertura para produção de energia elétrica com o intuito de minimizar a faturação elétrica.

Para tal, foi utilizado o software PVGIS para dimensionar o sistema fotovoltaico, respeitando a potência máxima permitida para miniprodução, $P_{\text{máx.}}$ 250kW estabelecida pelo Decreto-Lei 34/2011.

Tabela 43 - Dimensionamento do Sistema fotovoltaico.

Componentes	Modelo	Quantidade	Preço	Investimento Total [€]
Módulos Fotovoltaicos	SunPower 327NE WHT-D T5	224	587,12	156 773
Inversor	STP 20000TLEE-10	4	4689,61	
Cabos	4mm2	360	1,80	
Planeamento e Instalação	-	-	5000	
Produtos para Monotorização do Sistema	Módulo de dados SWDM-10	4	200	
	Sunny Portal	1	500	

Tabela 44 - Dados resultantes do dimensionamento

Energia produzida anualmente	116 700 kWh
Tarifa de energia elétrica	0,08 €/kWh
Investimento total	156 773 €
Custos anuais fixos (manutenção)	2 000 €
Poupança monetária annual	7 336 €
PRS	21,08 anos

O valor da poupança monetária anual contabiliza o valor dos custos anuais fixos.

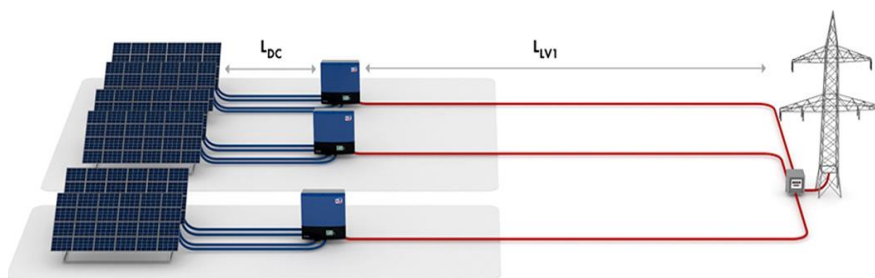


Figura 39 - Esquema do sistema solar fotovoltaico



Figura 40 -Painel Fotovoltaico SunPower 327NE WHT-D T5



Figura 41 - Inversor SMA STP 20000TLEE-10

6.4 Determinação do IEE com a aplicação das medidas de melhoria

Após a elaboração de medidas de melhoria foi determinada a classe energética resultante destas, como tal, foram considerados no cálculo do IEE_{real} , os consumos elétricos da iluminação LED, bem como no cálculo do IEE_{ren} , produção de energia elétrica e térmica de fonte renovável.

Tabela 45 - Consumos energéticos do tipo S

Usos	kWh	kWh _{EP}	kWh _{EP} /m ²
Aquecimento Elétrico	117390	293476	7,05
Arrefecimento	641061	1602653	38,48
Ventilação	225730	564325	13,55
Bombas	174677	436692	10,49
Aquecimento de Águas Sanitárias e de Piscinas	399	399	0,01
Iluminação Interior	705418	1763544	42,35

O cálculo do **IEE_{ren}** foi feito através da multiplicação da soma da produção de energia solar térmica e fotovoltaica pelos fatores de conversão entre energia final e primária da Tabela 33.

Tabela 46 - Cálculo do IEE_{ren}

	kWh	kWh _{EP}	kWh _{EP} /m ²
Produção energia de fonte renovável	179567	179567	4,31

Tabela 47 - Determinação da classe energética

IEE_{real,S}	111,93	kWh _{EP} /m ² .ano
IEE_{ren}	4,31	kWh _{EP} /m ² .ano
IEE_{ref,S}	143,33	kWh _{EP} /m ² .ano
RIEE	0,63	
Classe Energética	B	

A aplicação das medidas propostas permitem ao Jumbo de Alverca melhorar a sua classe energética, elevando-a de **B⁻** para **B**.

7. Conclusões

De forma a compreender as diferenças entre o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Regulamento de Desempenho Energético em Edifícios de Serviço e Comércio (RECS), esses foram aplicados a um caso de estudo, o Jumbo de Alverca, com a determinação da classe energética do edifício.

Para tal, o modelo do edifício foi simulado em três condições de utilização:

- as condições de funcionamento reais, considerando as características dos equipamentos energéticos existentes no edifício resultando assim, no cálculo dos consumos energéticos reais através da quais foi obtido IEE_{real} ;
- as condições de funcionamento nominais que tiveram como resultado os consumos energéticos para o funcionamento sob condições típicas convencionadas, em termos de clima e em termos de padrões de utilização, destes foi obtido o IEE_{nom} ;
- as condições de referência considerando caudais de ar novo, coeficientes de transmissão térmica de referência e padrões mínimos de iluminação, de sistemas de climatização e de preparação de água quente sanitária, resultando nos consumos energéticos de referência, a partir das quais foi obtido o IEE_{ref} .

O desempenho energético do caso de estudo foi assim quantificado através dos indicadores de eficiência energética (IEE), tendo-se obtido a classe A, segundo o RSECE, e B⁻, segundo o RECS.

Atribui-se a diferença encontrada para a classe energética à metodologia estabelecida por cada regulamento, assim segundo o RSECE, a classificação energética dependia apenas do IEE_{nom} contabilizando somente os consumos energéticos nominais, os quais eram 11% inferiores comparativamente aos consumos energéticos faturados.

Contrariamente, o RECS define que a classificação energética é obtida pela comparação entre os consumos regulados (tipo S) que integram o IEE_{real} , comparativamente com os mesmos consumos do edifício de referência e que integram o IEE_{ref} . Dadas as fontes de energia serem totalmente convencionais, o IEE_{ren} é para este caso nulo.

Assim, perante o elevado consumo energético do Jumbo de Alverca, concluiu-se que a classe energética atribuída pela metodologia do RECS é a que mais se ajusta ao desempenho energético real deste.

Adicionalmente foram propostas medidas de melhoria com o intuito de elevar a classe energética atribuída pelo RECS, contudo estas revelaram-se pouco viáveis, uma vez que apresentam longos períodos de retorno simples (PRS) e valores elevados de investimentos com pequena repercussão na classe energética obtida após a sua implementação.

Referências Bibliográficas

- 140-2001, A. (2001). *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*.
- Climate Action*. (2014). Obtido de ec.europa.eu: http://ec.europa.eu/clima/policies/gas/kyoto/index_en.htm
- Climate Action*. (2014). Obtido de ec.europa.eu: http://ec.europa.eu/clima/policies/gas/index_en.htm
- (2012). *Consumption and the Environment* . European Environment Agency.
- Design Builder* . (2014). Obtido de www.designbuilder.co.uk:
<http://www.designbuilder.co.uk/content/view/154/226/>
- Design Builder*. (2014). Obtido de www.designbuilder.co.uk:
<http://www.designbuilder.co.uk/content/view/144/223/>
- Earth System Research Laboratory*. (2014). Obtido de [esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov):
http://www.esrl.noaa.gov/gmd/outreach/behind_the_scenes/whymeasure.html
- EIA - Energy Information Administration*. (2013). Obtido de <http://www.eia.gov>:
<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=12251>
- EIA - Energy Information Administration*. (18 de 09 de 2014). Obtido de [eia.gov](http://www.eia.gov):
<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=12251>
- EIA*. (2014). Obtido de *EIA - Energy Information Administration*:
<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=12251>
- (2010). *Energia 2020 Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura*.
Bruxelas: Comissão Europeia.
- Europa*. (20 de 11 de 2007). Obtido de europa.eu:
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l27067_pt.htm
- Europa*. (2007). Obtido de europa.eu:
http://europa.eu/legislation_summaries/other/l27042_pt.htm

Europa. (2008). Obtido de europa.eu:

http://europa.eu/50/news/theme/070209_kyoto_pt.htm

Europa. (2010). Obtido de europa.eu:

http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_pt.htm

Europa. (2010). Obtido de europa.eu:

http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_pt.htm

europarl.europa.eu. (2014). Obtido de Parlamento Europeu:

http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html

European Environment Agency. (2014). Obtido de www.eea.europa.eu/:

<http://www.eea.europa.eu/themes/energy/intro>

Matias, C. A. (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC.

Parlamento Europeu. (Abril de 2014). Obtido de www.europarl.europa.eu:

http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html

Parlamento Europeu. (www.europarl.europa.eu). Obtido de europarl.europa.eu:

http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html

Roriz, L. (2006). *Climatização*. Edições Orion .

U.S. Department of Energy. (2013). Obtido de apps1.eere.energy.gov:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_about.cfm

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2014). Obtido de unfccc.int/:

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

United Nations Framework Covention on Climate Change. (2014). Obtido de

<http://unfccc.int/>:

http://unfccc.int/files/ghg_data/ghg_data_unfccc/ghg_profiles/application/pdf/ai_ghg_profile.pdf

(2011). *World Energy Outlook 2011*. IEA International Energy Agency.

Anexos

Anexo I – Valores limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes

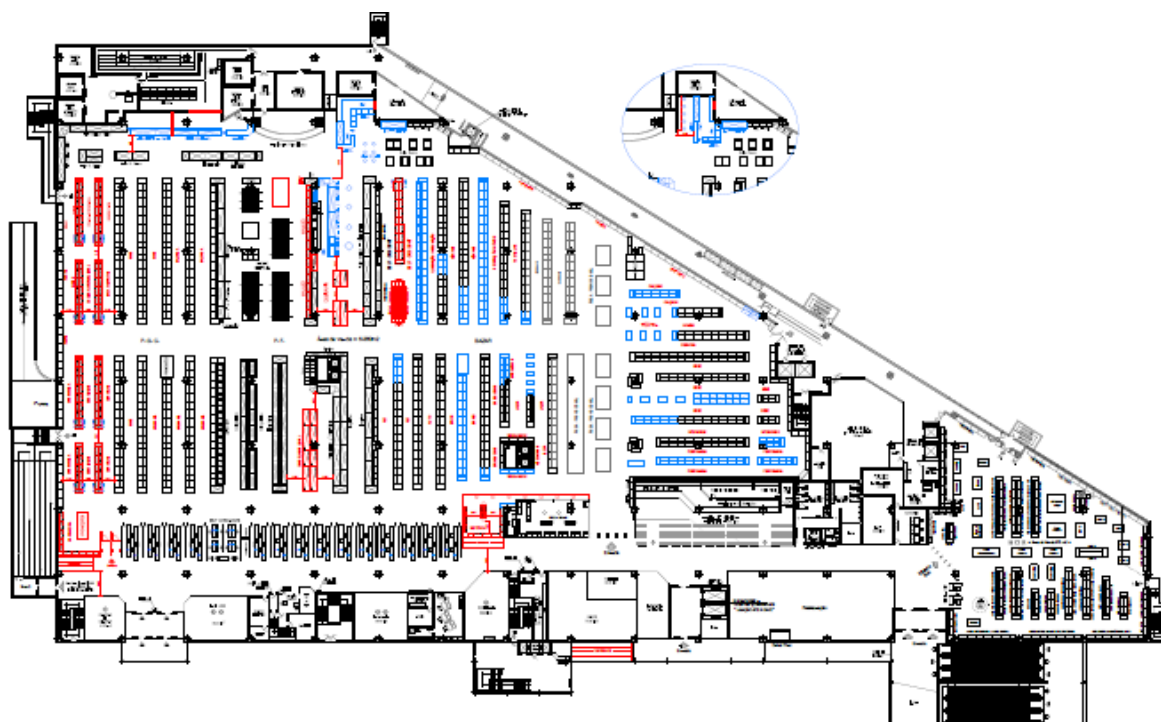
ANEXO X

Valores limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes

Tipos de actividade	Tipologia do edifício	IEE (kgep/m ² .ano)
Comercial	Hipermercados	255
	Vendas por grosso	45
	Supermercados	150
	Centros comerciais	190
	Pequenas lojas	75
Serviço de refeições	Restaurantes	170
	Pastelarias	265
	Pronto a comer	210
Empreendimentos turísticos, quando aplicável.	Empreendimentos turísticos, quando aplicável, de 4 ou mais estrelas	60
	Empreendimentos turísticos, quando aplicável de 3 ou menos estrelas	35
Entretenimento	Cinemas e teatros	25
	Discotecas	55

Tipos de actividade	Tipo de espaço	Perfil de utilização	IEE (kgep/m ² .ano)
Espaços complementares ...	Estacionamento	10 horas/dia (segunda a sexta)	12
		9 horas/dia (todos os dias)	15
		10 a 12 horas/dia (todos os dias)	19
	Cozinhas	6 horas/dia (segunda a sexta)	121
		8 horas/dia (segunda a sexta)	159
		6 horas/dia (todos os dias)	174

Anexo II – Tela final do piso 0 do Jumbo de Alverca



Anexo III – Constituição da envolvente utilizada na simulação

Elemento da envolvente	Número de camadas	Material por camada
Parede exterior	2	10 cm de tijolo e 1,3 cm de isolamento de poliestireno extrudido
Parede interior	2	5,08 cm de tijolo e 9 mm de isolamento de poliestireno extrudido
Cobertura	2	1,37 cm de asfalto e 9 mm de lã de vidro
Pavimento	2	2,5 cm de asfalto e 0,3 cm de lã de vidro
Vãos envidraçados	1	2,5 mm de vidro